

Prediseño Conceptual De Ingeniería Socio-técnica
Para La Potabilización Del Agua De La Vereda
Tenería, Municipio De Suesca, Cundinamarca.

Juan Carlos Cita Rojas



**PREDISEÑO CONCEPTUAL DE INGENIERÍA SOCIOTÉCNICA PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA VEREDA TENERÍA, MUNICIPIO DE
SUESCA, CUNDINAMARCA**

Juan Carlos Cita Rojas

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 2018

Prediseño Conceptual De Ingeniería Socio-técnica
Para La Potabilización Del Agua De La Vereda
Tenería, Municipio De Suesca, Cundinamarca.

Juan Carlos Cita Rojas

**PREDISEÑO CONCEPTUAL DE INGENIERÍA SOCIOTÉCNICA PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA VEREDA TENERÍA, MUNICIPIO DE
SUESCA, CUNDINAMARCA**

Juan Carlos Cita Rojas

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Directora:
Claudia Patricia Gómez Rendón

Área de investigación
Ingeniería socio-técnica

Línea de investigación
Manejo Integrado Del Recurso Hídrico

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

Prediseño Conceptual De Ingeniería Socio-técnica
Para La Potabilización Del Agua De La Vereda
Tenería, Municipio De Suesca, Cundinamarca.

Juan Carlos Cita Rojas

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Prediseño Conceptual De Ingeniería Socio-técnica
Para La Potabilización Del Agua De La Vereda
Tenería, Municipio De Suesca, Cundinamarca.

Juan Carlos Cita Rojas

(Dedicatoria)

*A Dios por darme la oportunidad de realizar mis estudios,
a mis padres y hermanos los cuales han sido mi apoyo y
me han enseñado el buen camino de la vida.*

Agradecimientos

A mis padres por su comprensión y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, ya que sin ellos este trabajo de grado no hubiese sido posible.

A mis compañeros por su motivación y apoyo en cada etapa ya en ellos hacen parte de mi formación académica.

A la doctora Claudia Patricia Gómez Rendón, el señor Pablo Torres y a los miembros de la junta del acueducto veredal de la vereda de Tenería, ya que, gracias a su conocimiento, orientación y seguimiento fue posible la realización de este documento.

Tabla de contenido

1.	Listado de tablas	11
2.	Listado de figuras	13
3.	Listado de anexos	14
4	Resumen	15
5	Abstract.....	16
6	Introducción	17
7	Planteamiento del problema	18
7.1	Pregunta de investigación.....	21
7.2	Sub-preguntas de investigación.....	21
8	Objetivos.....	22
8.1	Objetivo General	22
8.2	Objetivos Específicos	22
9	Justificación	23
10	Marcos de Referencia.....	24
9.1	Estado Del Arte	24
9.2	Marco Teórico Conceptual.....	25
9.2.1	Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH).....	26
9.2.2	Calidad del Agua.....	27
9.2.3	Potabilización del Agua	31
9.2.4	Plantas de Potabilización	33
9.2.5	Tipos de Plantas de Tratamiento de Agua Potable	34
9.2.6	Cálculo para el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua –IRCA	36
9.2.7	Clasificación del Nivel de Riesgo.....	37
9.2.8	Ecuación para el Cálculo de la Dotación Bruta	39
9.2.9	Calculo del Caudal Medio Diario y el Caudal Máximo Diario	39
9.3	Marco Normativo	39
10.1	Marco Geográfico.....	42
11	Diseño Metodológico.....	44
11.1	Marco Metodológico	44

11.2	Alcance de la Investigación.....	44
11.3	Enfoque de la Investigación	44
11.4	Método de la Investigación	45
11.5	Técnicas e Instrumentos	45
11.6	Unidad de Análisis	46
11.7	Variables e indicadores	46
11.8	Informante	49
11.9	Metodología por objetivo específico	49
11.9.1	Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio. 49	
11.9.2	Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio- ambiental para la vereda de Tenería.	51
11.9.3	Objetivo específico 3:	53
11.10	Matriz Metodológica de la Investigación	53
11.11	Flujo Metodológico del Trabajo de Investigación.....	56
12	Resultados	59
12.1	Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio....	59
12.1.1	Resultados de la Calidad del Agua de la Quebrada El Pinueñal.....	59
12.1.2	Descripción del Sitio de Captación del Agua	62
12.1.3	Zonificación Ambiental del Sitio de Captación del Agua.	62
12.1.4	Entrevistas	66
12.1.5	Estimación del caudal actual requerido por la población de la vereda Tenería.....	77
12.2	Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio- ambiental para la vereda de Tenería.....	79
12.2.1	Identificación del tipo de tratamiento	79
12.2.2	Matriz de Cálculos para los Procesos Unitarios.....	80
12.2.3	Esquemas del proceso de tratamiento	94
12.2.4	Matriz de costos de acuerdo con el tipo de tratamiento escogido.....	102
12.3	Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.....	102
13	Análisis.....	104

13.1	Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio..	104
13.1.1	Resultados de la calidad del agua de la quebrada El Pinueñal.....	104
13.1.2	Entrevistas.....	104
13.1.3	Zonificación ambiental del sitio de captación del agua.....	105
13.2	Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería.....	105
13.3	Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.....	106
14	Conclusiones.....	107
14.1	Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio..	107
14.2	Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería.....	108
14.3	Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.....	108
15	Recomendaciones.....	109
16	Bibliografía.....	110
17	Listado de Anexos.....	113

1. Listado de tablas

Tabla 1. Comparación de resultados de laboratorio de agua cruda en el nacedero de la quebrada El Pinueñal con especificaciones de los valores máximos aceptable según la resolución 2115 de 2007 ...	19
Tabla 2. Nivel de riesgo de la calidad del agua del nacedero de la quebrada El Pinueñal.	20
Tabla 4. Clasificación de las aguas según su dureza.....	30
Tabla 5. Características típicas de la fuente a tratar.....	35
Tabla 6. Puntaje de riesgo.....	36
Tabla 7. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	37
Tabla 3. Matriz legal de la normatividad vigente relacionada con el proyecto	40
Tabla 8. Variables e indicadores	47
Tabla 9. Clasificación de la cobertura y el uso de la tierra según el sistema CIAF.....	49
Tabla 10. Matriz de evaluación para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado.	51
Tabla 11. Rangos de calificación de la matriz de evaluación para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado.....	52
Tabla 12. Ecuaciones de costos de PTAP pequeñas	52
Tabla 13. Matriz de registro de información.....	53
Tabla 14. Matriz metodológica de la investigación	54
Tabla 15. Comparación de resultados de laboratorio con los valores máximos permisibles según la resolución 2115 de 2007	59
Tabla 16. Puntaje de riesgo del nacedero de la quebrada El Pinueñal para el cálculo del IRCA	61
Tabla 17. Nivel de riesgo de la calidad del agua del nacedero de la quebrada El Pinueñal.	61
Tabla 18. Tipos de tecnologías de acuerdo al resolución 0330	62
Tabla 19. Clasificación de las coberturas del área de estudio.....	64
Tabla 20. Porcentaje de área de acuerdo al tipo de cobertura.....	66
Tabla 21. Distribución de la población	67
Tabla 22. Usos que se le da al agua del acueducto	68
Tabla 23. Actividades económicas.....	69
Tabla 24. Cobertura vegetal que se encuentra en el nacedero de la quebrada El Pinueñal	70
Tabla 25. Vocación del suelo de la vereda Tenería	71
Tabla 26. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma.....	72
Tabla 27. Conocimiento de casos clínicos asociados a la calidad del agua suministrada a la comunidad	72
Tabla 28. ¿Sabe usted si en alguna época el nacedero se ha secado?	73
Tabla 29. Disponibilidad del recurso a los usuarios	73
Tabla 30. Cantidad de agua suministrada a cada punto de conexión mensualmente.....	74
Tabla 31. Características del agua que llega a las viviendas	74
Tabla 32. Infraestructuras y equipos que componen el acueducto	75
Tabla 33. Lavado de los tanques de almacenamiento.....	75
Tabla 34. Dimensiones de los tanques de almacenamiento	75
Tabla 35. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida	77

Tabla 36. Matriz evaluada para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado	80
Tabla 37. Cálculos y criterios de diseño para la estructura de aireación de la bandeja múltiple.....	81
Tabla 38. Cálculos y criterios de diseño para la bandeja superior	82
Tabla 39. Cálculos y criterios de diseño para la bandeja inferior	84
Tabla 40. Cálculos y criterios de diseño para el coagulador hidráulico de vertedero.....	85
Tabla 41. Cálculos y criterios de diseño para el floculador de flujo horizontal	87
Tabla 42. Cálculos y criterios de diseño para el sedimentador hidráulico.....	90
Tabla 43. Matriz de costos del tratamiento convencional para la vereda Temería.....	102
Tabla 44. Registro de información desde el inicio del proyecto hasta su culminación	103

2. Listado de figuras

Figura 1. Jerarquización de las teorías de investigación.....	26
Figura 2. Esquema tipo de una planta de tratamiento para agua potable convencional	34
Figura 3. Esquema de una Planta de tratamiento de agua potable de filtración directa.....	34
Figura 4. . Localización del municipio de Suesca en el departamento de Cundinamarca	42
Figura 5. Localización de la vereda Tenería en el municipio de Suesca	43
Figura 6. Esquematación de las diferentes etapas y fases del trabajo de investigación.....	57
Figura 7. Aerografía del área de estudio	63
Figura 8. Imagen de salida de la clasificación de coberturas de la vereda Tenería según el sistema CIAF	65
Figura 9. Historia del acueducto de la vereda Tenería.....	67
Figura 10. Distribución de la población.....	68
Figura 11. Usos que se le da al agua del acueducto	69
Figura 12. Actividades económicas	70
Figura 13. . Vocación del suelo de la vereda Tenería	71
Figura 14. Principales problemáticas evidenciadas	76
Figura 15. Sistema de aireador vista en planta.....	94
Figura 16. Sistema de aireador vista en corte A´- A´.....	94
Figura 17. Coagulación hidráulica vista en planta.....	95
Figura 18. Coagulación hidráulica vista lateral	95
Figura 19. Detalle: Sistema de coagulación del resalto hidráulico	96
Figura 20. Floculador hidráulico vista en planta.....	97
Figura 21. Floculador hidráulico vista en corte A´- A´.....	98
Figura 22. Sedimentador hidráulico vista en planta.....	99
Figura 23. Sedimentación hidráulica vista en corte A´- A´	100
Figura 24. Filtro vista en planta	100
Figura 25. Filtro vista en corte A´- A´	101
Figura 26. Filtro vista lateral.....	101

3. Listado de anexos

Anexo 1. Entrevista realizada al señor Pablo Torres	113
Anexo 2. Entrevista realizada al señor Reinel Méndez	115
Anexo 3. Entrevista Realizada al señor Isaías Cita.....	117
Anexo 4. Infraestructuras existentes del acueducto	119
Anexo 5. Tanques de almacenamiento	120
Anexo 6. Vereda Tenería	121
Anexo 7. Recibo de pago Asociación de acueducto Vereda Tenería	122
Anexo 8. Identificación del tipo de tratamiento con el señor Pablo Torres.....	123
Anexo 9. Identificación del tipo de tratamiento con el señor Isaías Cita.....	124
Anexo 10. Promedio del dólar en pesos colombianos para el mes de septiembre del 2018.....	124
Anexo 11. Autorización de Información en la Vereda Tenería	125
Anexo 12. Muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas de la bocatoma del acueducto.....	126
Anexo 13. Medición de tuberías	127
Anexo 14. Concesión de aguas Vereda Tenería	128
Anexo 15. Socialización del proyecto.....	129

4 Resumen

El propósito de este trabajo consiste en realizar un prediseño conceptual de ingeniería sociotécnica para la potabilización del agua de la vereda Tenería, del municipio de Suesca, para una vida útil de 25 años. En primer lugar, se hizo un diagnóstico del componente social y ambiental del área de estudio por medio del levantamiento de información primaria y secundaria. Una vez procesada, se generó una tabla de zonificación a partir de lo establecido por el CIAF (Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica) y su respectiva imagen con la identificación de las coberturas, utilizando el software ArcGIS y una imagen aérea de la zona de estudio del IGAC; también se lograron identificar las principales problemáticas que se presentan en la comunidad por medio de entrevistas a miembros de la misma. De igual forma, se realizó el cálculo del caudal actual que es requerido por la población y se comparó con la concesión de aguas que le fue otorgada a la vereda en 1990 por la CAR. Para el dimensionamiento de la planta de potabilización, se realizó el cálculo de la proyección de la población y se determinó el caudal máximo diario que se necesita para el año 2043, el cual es el caudal de diseño según lo establece la resolución 0330 del año 2017, y se determinaron los parámetros de calidad del agua que exceden los límites máximos permisibles, a partir de lo dictado por la resolución 2115 de 2007. Para la identificación del tipo de tratamiento se realizó una matriz donde se muestran tres tipos de tratamiento y se compararon con los componentes socioeconómico, ambiental y técnico. Esta identificación se realizó con personas de la comunidad donde el autor explicó de manera general el aspecto técnico y económico de las opciones. Una vez elegido el tipo de tratamiento se procedió a realizar los cálculos para cada proceso y el costo que tiene cada unidad, finalmente se procedió a realizar unos esquemas de cada proceso. Teniendo en cuenta que el trabajo posee un componente social fuerte se realizó una matriz donde muestra el registro de las actividades que se realizaron con la comunidad y así mismo la socialización del proyecto con la junta directiva del acueducto veredal.

Palabras clave: (calidad del agua, componente social, componente ambiental, Caudal, vereda Tenería, prediseño)

5 Abstract

The purpose of this work is to carry out a conceptual pre-design of socio-technical engineering for the potabilization of the water for the village of Teneria, of the municipality of Suesca, for a useful life of 25 years. First, a diagnosis of the social and environmental component of the study area was made through the collection of primary and secondary information. Once processed, a zoning table was generated based on what was established by the CIAF (Center for Research and Development in Geographic Information) and its respective image with the identification of the coverages, using the ArcGIS software and an aerial image of the area of study from the IGAC; It was also possible to identify the main problems that arise in the community through interviews to some members. Similarly, the calculation of the current flow that is required by the population was made and compared with the concession of water that was granted to the village in 1990 by the CAR. For the sizing of the potabilization plant, the population projection was calculated, and the maximum daily flow needed for the year 2043 was determined, which is the design flow according to the resolution 0330 of 2017, and water quality parameters that exceed the maximum permissible limits were determined, based on what was dictated by resolution 2115 of 2007. For the identification of the type of treatment, a matrix was made showing three types of treatment that were compared with the socioeconomic, environmental and technical components. This identification was made with people from the community where the author explained in a general way the technical and economic aspect of each option. Once the type of treatment was chosen, calculations were carried out for each process and the cost of each unit. Finally, it proceeded to make some schemes of each process. Considering that the work has a strong social component, a matrix was made where it shows the record of the activities carried out with the community and the socialization of the project with the board of directors of the Village aqueduct.

Key words: (water quality, social component, environmental component, flow, village of Teneria, pre-design)

6 Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el prediseño de una planta de tratamiento de agua potable para la vereda Tenería, perteneciente al municipio de Suesca, en Cundinamarca. La vereda realiza la captación del líquido del nacedero de la quebrada El Pinueñal y lo distribuye a los hogares sin realizar ningún tipo de tratamiento, por lo que existe un riesgo para la salud de la comunidad.

En este documento se plantea una posible solución guiada por la formulación de una serie de objetivos que apuntan a tratar la problemática desde una perspectiva sociotécnica, la cual requiere una fase de diagnóstico previa que permita contextualizar las alternativas relevantes con las que cuenta la vereda. Dentro del componente sociotécnico del trabajo, fue necesario integrar a la comunidad durante todas las etapas del proyecto, con el fin de generar un flujo mutuo de información relevante para completar cada actividad desarrollada.

Los resultados que comprenden a este proyecto consisten en un diagnóstico socioambiental de la zona de estudio en donde se identificaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo de agua en el punto donde se capta el líquido, así como el cálculo del IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua) para determinar el nivel de riesgo que presenta, una tabla de zonificación de coberturas por el método que presenta el CIAF (Centro de Investigación y Desarrollo en Investigación Geográfica) con una imagen que ubica las coberturas identificadas en la zonificación, además de unas serie de entrevistas a algunos actores de la comunidad para determinar información adicional sobre la forma en la que llega el agua a los hogares y la infraestructura que compone la vereda. Por otro lado, se estimó el cálculo actual requerido por la población de la vereda y se comparó con aquel que fue otorgado por la CAR en 1990. Paralelamente, se determinó el tipo de tratamiento más adecuado con ayuda de la comunidad, para continuar con los respectivos cálculos para el dimensionamiento y el diseño de esquemas.

7 Planteamiento del problema

El agua es un recurso hídrico indispensable para el ser vivo, no obstante, es limitado, se necesita para la subsistencia y para los procesos cotidianos, sin embargo, para el consumo humano requiere el cumplimiento de estándares de calidad, acorde con lo establecido en la normatividad vigente colombiana (resolución 2115 de 2007). La Constitución Política establece en su artículo 366 como uno de los fines principales del Estado la solución de las necesidades básicas insatisfechas, siendo estas el acceso al agua potable, la disposición adecuada de excretas y manejo de vertimientos, entre otras. (UNESCO, 1991).

Según el Estudio Nacional del Agua del 2014, Colombia es considerada uno de los países más ricos en agua, con un rendimiento hídrico estimado de 56 l/s-km², el cual se encuentra por encima del promedio mundial y del rendimiento latinoamericano, con valores de 10 l/s-km² y 21 l/s-km², respectivamente. (IDEAM, 2015). Sin embargo, dentro del mismo estudio se establece que la zona de interés presenta condiciones deficitarias de agua y una vulnerabilidad al desabastecimiento muy alta ante amenazas como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno de El Niño. (IDEAM, 2015).

Para el caso del municipio de Suesca, es preciso mencionar que cuenta con diferentes suministros de agua; ya que lo conforman cuatro cuencas principales las cuales son: el río Bogotá, el río Suárez, la laguna de Suesca y el río Checua, así como un sinnúmero de nacimientos y aljibes. No obstante, la calidad del agua no cumple con los parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma, generando afectaciones a la salud de los habitantes; apreciación fundamentada en información encontrada en el Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano – INCA para el 2015, el cual establece que el municipio presenta un Índice de Riesgo de Calidad del Agua medio, lo que indica que no es apta para el consumo humano y requiere una gestión directa de la persona o el organismo que presta el servicio para elevar la calidad. (Ministerio de Salud y Protección Social Subdirección de Salud Ambiental, 2016)

Administrativamente, son 19 veredas las que conforman el municipio, la vereda de Tenería tiene una población de 374 habitantes (Alcaldía de Suesca, 2018), el uso principal del agua es el de consumo humano y doméstico y la vocación suelo es eminentemente agrícola, se abastece del nacedero El Pinueñal, ubicado en el predio San Felipe, y cuenta con permiso de concesión de agua con un caudal de 0,55 l/s otorgado mediante resolución 5593 del 8 de octubre de 1990 (CAR, 1989). Desde la fecha de expedición de dicha resolución, no se han generado ni solicitado nuevos permisos que modifiquen el caudal concesionado.

La vereda de Tenería cuenta con dos tanques de almacenamiento y una red de distribución, la cual conecta 125 puntos de conexión, el sistema de distribución que actualmente se utiliza es por gravedad. No cuenta con una planta de tratamiento para su potabilización, lo que conlleva a que el agua, al no ser tratada, tenga una baja calidad y genere riesgos asociados a problemas de la salud por su consumo, ocasionando una disminución del bienestar y calidad de vida de la comunidad. Lo anterior se sustenta con lo que se muestra en la Tabla 1, la cual presenta los resultados de la calidad del agua en la bocatoma del acueducto para unas muestras tomadas por el presidente encargado del acueducto veredal y analizadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia en 2017.

Tabla 1. Comparación de resultados de laboratorio de agua cruda en el nacedero de la quebrada El Pinueñal con especificaciones de los valores máximos aceptable según la resolución 2115 de 2007

Resultados laboratorio vs comparación con la normatividad					
	Fecha de Toma: 2017-03-06	Fecha de Entrega: 2017-03-17	Tipo de Muestra: Agua Cruda	Procedencia: Nacedero de la quebrada El Pinueñal - Vereda Tenería	
Captación: Bocatoma Acueducto					
	Parámetro	Unidades	Método	Resultado	Valor máximo aceptable según la Norma
1	Turbiedad	UNT	Nefelometría	39,1	2
2	Color verdadero	UPC	Comp Visual	18	15
3	Ph	Unidades	Potenciómetro	7	pH +/- 0,5
4	Conductividad Especifica	uS/cm 25 °C	Electrométrico	11,3	-
5	Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Titulación	6	200
6	Alcalinidad hidróxidos	mg/L CaCO ₃	Titulación	0	-
7	Alcalinidad Carbonatos	mg/L CaCO ₃	Titulación	0	-
8	Alcalinidad Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	Titulación	6	-
9	Acidez total	mg/L CaCO ₃	Titulación	1	-
10	Acidez mineral	mg/L CaCO ₃	Titulación	0	-
11	Acidez sales Hidrolizables	mg/L CaCO ₃	Titulación	1	-
12	CO2 Libre	mg/L CaCO ₃	Titulación	0	-
13	Dureza total	mg/L CaCO ₃	Titulación	10	300
14	Dureza Carbonácea	mg/L CaCO ₃	Cálculo	6	-
15	Dureza No Carbonácea	mg/L CaCO ₃	Cálculo	4	-
16	Calcio	mg/L CaCO ₃	Titulación	8	60
17	Magnesio	mg/L CaCO ₃	Cálculo	2	36
18	Hierro	mg/L Fe ³⁺	Absorción Atómica	0,3	0,3
19	Manganeso	mg/L Mn ⁷⁺	Absorción Atómica	<0,05	0,1
20	Amonio	mg/L N- NH ₄ ⁺	Espectrofotométrico	<0,1	-

21	Nitritos	mg/L N-NO ₂	Cromatografía Iónica	<0,1	0,1
22	Nitratos	mg/L N-NO ₃	Cromatografía Iónica	0,2	10
23	Cloruros	mg/L Cl ⁻	Cromatografía Iónica	0,4	250
24	Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁼	Cromatografía Iónica	0,5	250
25	Ortofosfatos	mg/L -PO ₄ ³⁻	Cromatografía Iónica	<0,2	-
26	Sólidos Totales	mg/L	Gravimetría	104	-
27	Sólidos Suspendidos Totales		Gravimetría	86	-
28	Coliformes Totales	NMP/100 ml	Filtración Membrana	26	<2,2
29	E. Coli	NMP/100 ml	Filtración Membrana	21	-
30	Fluoruros	mg/ L F ⁻	Cromatografía Iónica	0,09	1
31	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O ₂	Incubación Oximetría	6	-

Fuente: (Autor, 2018 a partir de Resultados de Laboratorio Universidad Nacional)

Adicionalmente, al comparar los resultados de las características fisicoquímicas del agua un seguimiento y monitoreo riguroso, a con los valores límites permisibles presentados en la normativa (Resolución 2115 de 2007) y determinar el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua, se puede observar que la vereda presenta un riesgo alto, como se presenta en la Tabla 2 por lo que se deben tomar las medidas pertinentes y realizar

Tabla 2. Nivel de riesgo de la calidad del agua del nacedero de la quebrada El Pinueñal.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo
61	Alto

Fuente: (Autor, 2018)

La Junta Directiva de la Asociación de Acueducto de la Vereda Tenería no ha presentado iniciativas asociadas a la problemática de la calidad del agua en la vereda por dos razones: los hogares que componen la vereda se encuentran aislados uno del otro, lo que genera que la relación entre la comunidad sea mínima y restringida, manifestándose en una falta de interés por el desarrollo conjunto de la vereda; y la comunidad cuenta con un conocimiento muy superficial sobre la importancia de tener una calidad técnicamente apta de agua para consumo, considerando que no es necesario incurrir en gastos asociados a la construcción de obras que se encarguen de dicho asunto, lo cual ha generado que el bienestar y la calidad de vida de la comunidad disminuyan con el paso del tiempo.

El tema de la calidad del agua y la salud ha quedado relegado ya que la comunidad ha visto como una solución hervir el agua como una forma de tratarla y liberarla de impurezas, o en otros casos, comprarla potabilizada. De igual forma, la comunidad manifiesta cierta preocupación por la realización de algún proyecto, fundamentado en que aumente la factura que pagan por el servicio de acueducto, así que la solución debe estar encaminada a generar una propuesta técnicamente efectiva y económicamente viable.

El sistema de potabilización debe estar adecuado a las características del agua obtenidas en el análisis de laboratorio, las cuales presentan ciertos parámetros, como lo son la turbiedad, el color verdadero, coliformes totales y E. coli, que se encuentran por encima de lo que establece la norma y generan que el IRCA obtenido tenga un nivel de riesgo alto. El proyecto se presenta como una solución a una situación potencial de riesgo en salud para la comunidad y deberá mantenerse en el tiempo con el fin de mejorar la calidad de vida.

7.1 Pregunta de investigación

¿Cómo se puede mejorar la calidad del agua potable de la vereda Tenería, teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad y las condiciones ambientales locales?

7.2 Sub-preguntas de investigación

- ¿Qué condiciones sociales y ambientales de la vereda han influido en el desarrollo de proyectos para el mejoramiento del acueducto?
- ¿Qué requisitos técnicos debe tener el diseño de la PTAP para mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua de acuerdo con las condiciones sociales y ambientales de la vereda Tenería?
- ¿Cuáles serían las reacciones y los beneficios que tendría la comunidad con la posible implementación del diseño propuesto?

8 Objetivos

8.1 Objetivo General

Pre-diseñar de manera conceptual una planta de tratamiento de agua potable partiendo de los fundamentos de la ingeniería socio-técnica para la vereda Tenería, del municipio de Suesca, Cundinamarca.

8.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.
- Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería.
- Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.

9 Justificación

Dentro del esquema de abastecimiento de agua que tiene el municipio de Suesca para la vereda Tenería sólo se está contemplando: la captación del recurso hídrico del nacedero El Pinueñal, su almacenamiento en un tanque de 26.500 litros, y su distribución a 125 puntos de conexión conformados por 374 habitantes; sin embargo, no se están realizando monitoreos que garanticen que la calidad de agua que se está entregando para el consumo de la comunidad sea la mejor.

La implementación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable en la vereda Tenería tendrá una serie de impactos o aportes a nivel social, ecológico y económico que están enfocados principalmente al mejoramiento de la calidad de vida, la salud pública y la conservación del recurso hídrico. El aporte ambiental se fundamenta en el mejoramiento de la calidad del agua que presenta actualmente el nacedero de la quebrada El Pinueñal y que está siendo distribuida a las viviendas de la comunidad de la vereda Tenería.

El aporte social del proyecto radica en que la entrega de este documento genere una iniciativa por parte de la alcaldía y la Junta Directiva de la Asociación de Acueducto Vereda Tenería para la construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable que suministre agua apta para el consumo de las personas de la vereda.

En el ámbito económico, el proyecto pretende que, al entregar agua apta para el consumo, dentro de los parámetros normativos a la comunidad, se incurran en menos gastos en la compra de galones y bolsas de agua que actualmente utilizan para la preparación y el consumo de alimentos.

10 Marcos de Referencia

9.1 Estado Del Arte

A continuación, se presenta la revisión de diversos artículos científicos y trabajos de grado que se relacionan con el diseño de plantas de potabilización, permitiendo ampliar el panorama teórico-conceptual y metodológico que manejaron en cada uno para poder determinar el curso que tomará el presente proyecto, teniendo en cuenta las fortalezas y debilidades en los trabajos presentados.

- **“Estudio de factibilidad para la optimización de la planta de tratamiento de agua potable del Acueducto San Antonio de Apulo, Cundinamarca.”**

Este proyecto tuvo como propósito la realización de un estudio de factibilidad para la optimización de la PTAP del acueducto San Antonio en Apulo, Cundinamarca, para una vida útil de quince años. Se planteó una investigación de enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y principalmente basada en un diseño de investigación no experimental longitudinal. La primera parte del proyecto consistió en elaborar un diagnóstico de la situación de la planta el cual incluyó el dimensionamiento de infraestructura y la calidad del afluente. Luego, se proyectó la población y se estimó la oferta y la demanda con proyección al año 2030 para así determinar el caudal de diseño; a continuación, se evaluaron las estructuras existentes para determinar su eficacia y se realizó la propuesta de diseño donde se presentaron debilidades o falencias. Luego, se realizó un análisis comparativo entre la situación en la que se encontraba la planta y el diseño propuesto junto con las acciones a ejecutar para llevar a cabo la optimización del sistema. Finalmente se estimó el presupuesto necesario para optimizar la PTAP teniendo en cuenta la mano de obra, materiales y el transporte de estos. Se concluyó que la calidad del afluente de la planta no era apta para consumo por lo tanto fue necesario optimizar la PTAP para lograr el mejoramiento de la calidad del agua. Las secciones del sistema que necesitaron un nuevo diseño fueron: el proceso de coagulación, floculación, sedimentación, filtración, almacenamiento y desinfección. Además, se tuvieron en cuenta algunas indicaciones con respecto a la administración, operación, control y mantenimiento para obtener una óptima calidad del agua. (Reyes, 2015).

- **“Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable, municipio de Puente Nacional.”**

Este proyecto de grado inicia con la identificación y la socialización de propuestas para la mejora de la planta de tratamiento de agua del municipio de Puente Nacional, teniendo en cuenta que la metodología en la que se basa el proyecto es en dar una descripción de cada unidad de tratamiento, además de cuál es la función que cumple, realizar un diagnóstico y en algunos casos cuando sea necesario, se daba una recomendación. Ya para continuar con la metodología seguía el proceso de realizar los cálculos para cada uno de los procesos, con el fin de saber los cambios necesarios en aras de una optimización adecuada de la planta de tratamiento. (Bolívar, 2005).

- **“Diseño de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales de la cabecera parroquial de Mindo, Cantón San Miguel de los Bancos, provincia de Pichincha.”**

En este trabajo inicialmente se realiza una aproximación al área de estudio para posteriormente hacer un análisis y evaluación de los sistemas de tratamiento existentes, tanto de agua para consumo humano como de aguas residuales. Después se realizan las bases de diseño donde se analiza la población y los caudales con los cuales se va a realizar el mismo para finalmente identificar algunas alternativas para diseñar los sistemas de tratamiento para agua potable y para agua residual. (Orbe Dávila, 2013).

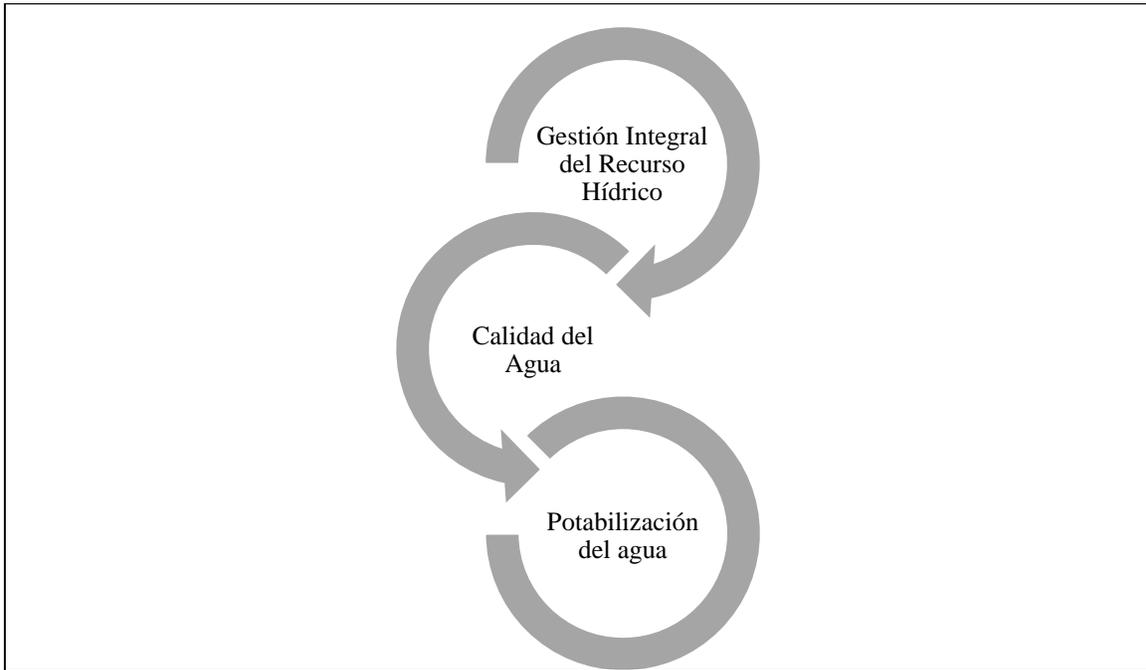
- **“Análisis de los diseños de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) y calidad del agua cruda y tratada en el departamento de Cundinamarca.”**

Esta investigación se encaminó a analizar el cumplimiento de la normativa por medio de una revisión y evaluación a los diseños de las plantas potabilizadoras nuevas u optimizadas; tanto del diseño estructural como la calidad de agua de la fuente de captación para plantas nuevas y calidad de agua de captación y conducción a la red de acueducto para plantas optimizadas pertenecientes al territorio de Cundinamarca, con respecto a la normativa vigente para determinar el porcentaje de cumplimiento de las mismas. El trabajo presenta sus resultados en un consolidado donde establece la conformidad de los criterios de diseño y de la calidad del agua de diferentes plantas analizadas con relación a lo que establece la normativa colombiana en ambos casos, de proyectos que ya llevan un tiempo considerable en operación y para aquellos que se encuentran en un proceso de optimización. Concluyen que la mayoría de las plantas diagnosticadas incumplen con diferentes criterios de diseño, lo que influye directamente en la calidad de agua de su efluente, que, en algunos casos, cuando la calidad del agua cruda es aceptable, termina siendo deteriorada en vez de mejorada. (Castro Aristizabal & Velásquez Tochoy, 2015).

9.2 Marco Teórico Conceptual

A continuación, se presenta la base teórica conceptual sobre la cual se desarrolla el proyecto de investigación, en relación con la calidad y la purificación del agua. Para efectos de este trabajo, se establece la Gestión Integral del Recurso Hídrico como la teoría más generalizada, luego se refiere la calidad del agua como una categoría intermedia y finalmente la purificación o potabilización del agua como eje central orientador del proyecto. Ver Figura 1.

Figura 1. Jerarquización de las teorías de investigación.



Fuente: (Autor, 2018)

9.2.1 Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)

La Gestión Integral del Recurso Hídrico surge dentro del contexto de la Cumbre de Río de 1992, cuando el subsector de agua y saneamiento analiza la situación del recurso hídrico a nivel global en términos de manejo, distribución, grado de influencia sobre la salud pública, la producción y el desarrollo de los países. Se logró identificar que el estado de los recursos hídricos de países desarrollados, los cuales poseen una capacidad económica y de infraestructura considerable, no difería mucho de aquellos con posibilidades limitadas de inversión (GWP, 2013). De igual forma, se discute acerca del aumento de la demanda hídrica en general, en función del crecimiento poblacional y a sus exigencias intrínsecas de calidad de vida que, de acuerdo con la situación identificada y al hecho de que en el mundo existe una distribución inequitativa del recurso que está asociada a restricciones de carácter económico, requiere de una administración responsable para garantizar la disponibilidad de un recurso finito como lo es el agua.

Dentro de la Agenda 21 se aprueba la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) como un nuevo paradigma de la gestión del agua, definido por la Asociación Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés) como “un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, 2013). Los postulados principales de la GIRH, conocidos como los principios de Dublín y establecidos sobre la sostenibilidad ecológica, la eficiencia ecológica y la equidad social como sus pilares fundamentales, establecen que (GWP, 2013):

1. *El agua es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.*
2. *El desarrollo y manejo del agua debe estar basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de políticas a todo nivel.*
3. *La mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua.*
4. *El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debiera ser reconocido como un bien económico.*

Colombia, comprometiéndose con la GIRH, formula en 2010 la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico bajo la dirección del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, donde establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico, en un horizonte de 12 años. El desarrollo de la política se enfoca principalmente en el diagnóstico la oferta, demanda, calidad, riesgo, el fortalecimiento institucional y gobernabilidad del recurso hídrico en Colombia. El tratamiento del agua se enmarca en el aspecto de la calidad, debido a que el abastecimiento de agua potable a la población está fuertemente condicionado por las características fisicoquímicas y microbiológicas que la misma posea, por lo que es necesario un tratamiento acorde según lo que determina la normatividad colombiana.

9.2.2 Calidad del Agua

Dando continuación a la categorización teórica presentada para este trabajo, se presenta la calidad del agua como la teoría intermedia que hace referencia a los atributos que presenta e líquido, de tal manera que cumpla criterios de aceptabilidad para usos diversos. (Romero Rojas, 2009). Establece que los atributos analizados para el agua se dividen en físicos, químicos y biológicos, de los cuales se desglosan diferentes características como se muestra a continuación.

9.2.2.1 Características Físicas

- Turbidez

La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión o interferencia de los rayos de luz que pasan a través de una muestra de agua, lo cual genera que ésta sea reemitida o no emitida. La turbidez en el agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, arcillas, limos materia orgánica e inorgánica finamente dividida, y organismos microbiológicos (Romero Rojas, 2009).

- Color

El color en el agua es comúnmente causado por la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, entre otros, que se encuentren en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales (Romero Rojas, 2009). El color natural del agua principalmente existe por la

presencia de partículas coloidales cargadas negativamente, por lo que su remoción puede lograrse por medio de coagulantes de una sal de ion metálico trivalente como el Aluminio (Al^{3+}) o el Hierro (Fe^{3+}) (Romero Rojas, 2009).

Romero Rojas reconoce dos tipos de colores en el agua: el color verdadero, que es el color que presenta el agua una vez se ha removido su turbidez; y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido (Romero Rojas, 2009).

El color de una muestra se determina tradicionalmente por el método de comparación visual con la escala Platino – Cobalto (Romero Rojas, 2009), el cual se mide en Unidades de Color según la siguiente igualdad:

$$1 \text{ unidad de color} = 1 \frac{mg}{L} \text{ de Platino}$$

(Solución patrón de $500 \frac{mg}{l}$ de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6))

- Olor y sabor

Entre las causas más comunes de olores y sabores en el agua se encuentran la materia orgánica en solución, el ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, entre otros. La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de esta y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar la fuente de una posible contaminación (Romero Rojas, 2009).

El método más usado para expresar la concentración de olor o de sabor en una muestra de agua consiste en determinar la relación de dilución a la cual el olor o sabor es apenas detectable. El valor de la relación se expresa como número detectable (ND) (Romero Rojas, 2009). El procedimiento consiste en diluir muestras del agua por analizar a 200 mL, con agua destilada libre de olor, hasta encontrar la mayor dilución a la cual se alcanzó a percibir el olor. El número detectable puede calcularse de la siguiente manera:

$$ND = \frac{A + B}{A}$$

En donde:

A: ml de muestra

B: ml de agua destilada libre de olor

- Temperatura

La temperatura es un parámetro físico de gran importancia ya que su determinación exacta permite diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, dado que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se ven relacionados con la temperatura (Romero Rojas, 2009). Para estudios de contaminación de cuerpos hídricos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.

- Sólidos

Se clasifican materia sólida como toda aquella que se encuentre contenida dentro del agua y se clasifica de la siguiente manera (Romero Rojas, 2009):

- **Sólidos totales:** Son todos aquellos que permanecen después de la evaporación y secado del agua a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).
- **Sólidos disueltos:** También conocidos como el residuo filtrable, son determinados por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.
- **Sólidos suspendidos:** Es aquel residuo no filtrable o material no disuelto.

9.2.2.2 Características Químicas

- Alcalinidad, acidez y potencial de hidrógeno (pH)

La alcalinidad del agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, para reaccionar con iones hidrógeno, para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-). En cuerpos de agua naturales, la alcalinidad se le atribuye a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos. Es posible encontrar otras clases de compuestos que contribuyen a la alcalinidad del agua, como lo son boratos, silicatos, fosfatos, entre otros; sin embargo, en la práctica la contribución de éstos es insignificante por lo que puede ser ignorada (Romero Rojas, 2009). Las reacciones que describen la presencia y formación de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos son las siguientes:



Por otro lado, la acidez del agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, reaccionar con iones hidróxido, ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. El factor de corrosión en la mayor parte de las aguas es el dióxido de carbono, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de la disolución del dióxido de carbono atmosférico (Romero Rojas, 2009).

El potencial de hidrógeno (pH) es el coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una sustancia en una solución acuosa, del cual se obtiene una escala comprendida entre el 1 y el 14, en la que si el valor del pH es menor a 7, la sustancia se considera ácida, si es mayor a 7, la sustancia se considera básica o alcalina, y si el valor del pH es igual a 7, la sustancia se considera neutra (Romero Rojas, 2009). El pH se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

- Dureza

La dureza del agua se refiere a la concentración de total de iones alcalinotérreos (iones metálicos divalentes) que hay en el agua, especialmente la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Las aguas duras se consideran aquellas que requieren grandes cantidades de jabón para generar espuma y producen incrustaciones en las tuberías donde se incrementa la temperatura del agua (Romero Rojas, 2009). La dureza se expresa en $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$ de CaCO_3 . Se considera que la dureza total del agua es aquella generada por los iones de Ca^{2+} y los iones de Mg^{2+} , es decir:

$$\text{Dureza Total (DT)} = \text{Dureza por } \text{Ca}^{2+} + \text{Dureza por } \text{Mg}^{2+}$$

Por otro lado, en aguas naturales, los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad; por lo tanto, la parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua es considerada como la dureza carbonácea, es decir:

$$\text{Alcalinidad } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \text{Dureza Carbonácea } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)$$

La dureza carbonácea se conoce también como ‘dureza temporal’ porque desaparece cuando se hierve el agua, o sea que puede precipitarse mediante ebullición prolongada (Romero Rojas, 2009). Cuando la alcalinidad es menor que la dureza total, se dice que la dureza carbonácea es igual a la alcalinidad; cuando la alcalinidad es mayor o igual a la dureza total, se dice que la dureza carbonácea es igual a la dureza total.

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse de la siguiente manera:

Tabla 3. Clasificación de las aguas según su dureza

0 – 75 mg/L	Blanda
75 – 150 mg/L	Moderadamente dura
150 – 300 mg/L	Dura
> 300 mg/L	Muy dura

Fuente: (Romero Rojas, 2009)

- Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto se presenta en cantidades variables bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente, por ello, es un factor muy importante en la autopurificación de los ríos. Los valores de oxígeno disuelto disminuyen con el aumento de la temperatura en el agua. Si el oxígeno se consume totalmente, las aguas se convierten en tóxicas para los organismos aerobios y se producen descomposiciones anaerobias que originan sustancias malolientes como metano, ácido sulfhídrico y nitrosaminas (Romero Rojas, 2009).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas a 20 °C. Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de materia orgánica en aguas es el ensayo de DBO a cinco días. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a un 70% del total de la materia orgánica oxidable (Romero Rojas, 2009).

- Características biológicas

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal (Romero Rojas, 2009). La transmisión de organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. (Romero Rojas, 2009). Distingue dos categorías microbiológicas como indicadores de calidad del agua: coliformes totales y coliformes fecales.

- Coliformes totales

Este grupo por definición son “todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram-negativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermente lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35 °C (o 37 °C)”. El grupo de coliformes se compone de las bacterias *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias afines (Romero Rojas, 2009). En el agua potable no debe existir ningún tipo de coliforme, por ello el total de éstas se emplea como indicio de contaminación fecal.

- Coliformes fecales

Generalmente, los coliformes fecales son definidos como todos aquellos bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram-negativos, no esporulados capaces de producir aldehydos a partir de la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas en 24 horas a 45.5 °C. Estas bacterias componen normalmente la flora y fauna del intestino humano donde se encuentran en grandes cantidades, ya que la mayoría no son patógenos. El grupo constituye aproximadamente el 90% de los coliformes totales en las excretas humanas e incluye al género *Escherichia coli* y algunas cepas de *Klebsiella pneumoniae* (Romero Rojas, 2009).

9.2.3 Potabilización del Agua

Finalmente, la última categoría teórica hace referencia a los procesos por los cuales se potabiliza el agua y se adecúan sus condiciones para el consumo o uso en alguna actividad productiva. Teniendo en cuenta la temática del proyecto, a continuación, se presentan los diferentes procesos y operaciones unitarias, además de algunos tipos de plantas tradicionales de potabilización a partir de lo que expone. (Romero Rojas, 2006).

9.2.3.1 Aireación

En tratamiento de aguas se entiende por aireación el proceso mediante el cual se pone el agua en contacto con el aire, con el fin de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella (Romero Rojas, 2006). Las funciones más importantes de la aireación son:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el oxígeno disuelto
- Disminuir la concentración de CO₂
- Disminuir la concentración de H₂S
- Remover gases como metano, cloro y amoníaco
- Oxidar hierro y manganeso
- Remover Compuestos Orgánicos Volátiles
- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores

9.2.3.2 Mezcla Rápida – Coagulación

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua que busca dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene el propósito de dispersar el coagulante de manera rápida y uniforme a través de toda la masa de agua. (Romero Rojas, 2006).

La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall, vertederos rectangulares, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida (Romero Rojas, 2006).

9.2.3.3 Floculación

El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas. Es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla ‘suave’ de las partículas para incrementar la tasa de colisiones entre ellas, sin romper los agregados preformados. (Romero Rojas, 2006).

De la misma manera que la coagulación, la floculación es influenciada por fuerza químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floc, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos (Romero Rojas, 2006). En la floculación, una vez introducido y mezclado el coagulante, las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes mediante agitación lenta prolongada, durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren una mayor densidad. Entonces, el floculador es un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta, con un tiempo de retención relativamente prolongado. (Romero Rojas, 2006).

9.2.3.4 Sedimentación

La sedimentación es la operación por la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad. Hay dos formas de sedimentación usadas en la potabilización del agua: sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación o ablandamiento. (Romero Rojas, 2006).

La sedimentación simple es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación. La sedimentación después de la adición de coagulantes y de la floculación se utiliza para remover los sólidos sedimentables producidos por el tratamiento químico, como es el caso de remoción de color y turbidez o en el ablandamiento con cal. (Romero Rojas, 2006).

9.2.3.5 Filtración

Es el mecanismo por el cual un filtro retiene y remueve el material suspendido como resultado de una combinación compleja de mecanismo físico y químico, asociado a los tipos de medios o lechos filtrantes que se usan. Existen los filtros de un sólo medio, normalmente de arena o antracita triturada, los de doble medio, que combinan los dos anteriores materiales, y los de múltiples lechos, que pueden llegar a incluir grava. (Romero Rojas, 2006).

9.2.3.6 Cloración – Desinfección

Este proceso consiste en la eliminación de los microorganismos patógenos para la salud humana, que pueden incluir bacterias, virus, protozoarios y parásitos. Normalmente los protozoarios y parásitos son resistentes a la desinfección, pero no a otros tratamientos previos como la coagulación, floculación y la sedimentación donde son removidos si dichos procesos y operaciones funcionan adecuadamente. (Romero Rojas, 2006).

Tradicionalmente, la cloración es el proceso de desinfección más utilizado y para asegurar la operación exitosa del proceso se requiere: un suministro adecuado y permanente de agente desinfectante; control eficiente, continuo y exacto de la dosificación; manejo seguro en todo momento del compuesto y de los equipos utilizados para su aplicación; y mezcla completa y continua del cloro con toda el agua que se va a tratar. (Romero Rojas, 2006).

9.2.4 Plantas de Potabilización

El objetivo básico del diseño de una planta de potabilización de agua es integrar de la manera más económica, los procesos y operaciones de tratamiento para que, cuando sea operada adecuadamente, pueda proveer sin interrupción el caudal de diseño y satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable. (Romero Rojas, 2006). Las condiciones locales predominantes determinan la importancia de los

factores mencionados previamente y su incidencia en cada diseño, por lo que a continuación se presentan algunos ejemplos de plantas para el tratamiento del agua de acuerdo con los procesos que se deseen implementar:

Figura 2. Esquema tipo de una planta de tratamiento para agua potable convencional



(Romero Rojas, 2009)

Figura 3. Esquema de una Planta de tratamiento de agua potable de filtración directa



(Romero Rojas, 2009)

9.2.5 Tipos de Plantas de Tratamiento de Agua Potable

9.2.5.1 Tratamiento Convencional

Este sistema de tratamiento integrado está compuesto por diferentes estructuras unitarias, las cuales son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección. El tratamiento depende del análisis físico químico que se le realiza al agua que se va a tratar. Este tipo de plantas tienen la capacidad de remover turbiedad, sedimentos, microorganismos, dureza, olor, color y las características que se requieran obedeciendo al estado en que se encuentre el agua cruda. Los fenómenos ambientales provocan cambios bruscos en la calidad del agua, lo cual exige que los procesos de

potabilización tengan que soportar los diferentes cambios y así poder mantener los estándares de calidad que exige la norma para que pueda ser potable. (ACUATECNICA S.A.S, 2018).

9.2.5.2 Filtración Directa Doble

Este tipo de sistemas pertenece al grupo de las de más bajo costo tienen, se necesita de pequeñas áreas para su instalación, son fáciles de manejar. Este tipo de plantas son ideales para comunidades pequeñas y medianas que tengan unas características similares a las presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 4. Características típicas de la fuente a tratar

Calidad de efluente tipo regular		
Parámetro	Unidad	Valor
DBO ₅	mg/l	< 2,5
Coliformes	NMP/100 ml	< 500
pH	Unidades	6 – 8,5
Color real	UPC	< 15
Turbiedad	UNT	< 40
Cloruros	mg/l	< 50
Dureza	mg/l CaCO ₃	< 75

Fuente: (Eduardoño, s.f)

Se le adiciona coagulante al agua cruda antes de ingresar a la unidad de filtración ascendente y el efluente es enviado a la unidad de filtración descendente, este compuesto por tres zonas:

Filtración directa ascendente:

- Floculación-sedimentación: Está conformada por poros vacíos que dejan las piedras que sirven como lecho, y en donde las partículas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, esta interacción favorece que las partículas se aglomeren, incrementen su tamaño y adquieran mayor densidad. (Eduardoño, s.f).
- Filtración preliminar: Está en una segunda zona del filtro ascendente de arena, en el cual el afluyente ingresa por la parte inferior y es recolectada superiormente en una canaleta circular. (Eduardoño, s.f).

Filtración descendente:

- Filtración avanzada: Se programa una unidad descendente de filtración, donde se usa carbón activado como lecho, para reducir muchos compuestos orgánicos y aún algunos inorgánicos del agua. (Eduardoño, s.f).

9.2.5.3 Tratamiento Compacto

Este tipo de tratamiento es utilizado en pequeñas comunidades o en campos, tales como de construcción o pozos petroleros, que no tengan acceso a sistemas de tratamiento centrales. Este sistema se diseña como una sola unidad de purificación que integra todos los procesos unitarios. Son construidos en acero y se llevan listas al sitio para ser instaladas cerca de los puntos de captación del agua. Cuentan con diferentes características dependiendo el tipo de agua que se va a tratar, funcionan con bombas de aire lo cual ayudan a presurizar el agua, el funcionamiento hace que la planta trabaje sin electricidad, lo que conlleva a que se reduzcan los costos de operación de esta. Algunas de sus características de tratamiento son: Sensores inteligentes de medición, filtros inteligentes, dosificador de coagulante, mezclador en línea, filtración doble, filtros en serie o en paralelo, filtro de carbón, clarificadores y aireación. Las diferentes características de la planta se adaptan al terreno y el lugar donde se planea instalar (ACUATECNICA S.A.S., 2016).

9.2.6 Cálculo para el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua –IRCA

Se realiza el cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), con el fin de establecer la clasificación del nivel de riesgo en salud del agua que se está suministrando para consumo humano en la vereda. La resolución 2115 de 2007, en el capítulo IV establece la metodología básica para su cálculo, en donde primero se debe otorgar un puntaje de riesgo propio de cada característica que no cumpla con los valores aceptables, el cual es establecido en la misma resolución resultados que se presenta en la siguiente tabla. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007).

Tabla 5. Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1

Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
Escherichia coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007)

Una vez otorgado el respectivo puntaje de riesgo a las características del agua en cuestión, se aplica la siguiente fórmula para el cálculo del IRCA.

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 10$$

9.2.7 Clasificación del Nivel de Riesgo

A continuación, se presenta la tabla establecida por la resolución 2115 de 2007, donde se realiza la clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007).

Tabla 6. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)

80.1-100	Inviabile Sanitariamente	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Ambiente, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio, alcaldes y gobernadores respectivos
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora del servicio y al Comité de Vigilancia Epidemiológica.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007)

9.2.8 Ecuación para el Cálculo de la Dotación Bruta

Para el cálculo de la dotación bruta, el RAS establece la siguiente ecuación:

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

Donde:

- D_{bruta} : Dotación bruta ($\frac{L}{hab*día}$)
- d_{neta} : Dotación neta ($\frac{L}{hab*día}$)
- $\%p$: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para el diseño

9.2.9 Calculo del Caudal Medio Diario y el Caudal Máximo Diario

Para el cálculo de los caudales medios diarios (q.m.d) y los caudales máximos diarios (Q.M.D), se aplican las fórmulas que establece el RAS 2017, las cuales son:

$$q.m.d = Población actual \times Dotación bruta$$

$$Q.M.D = k * q.m.d$$

Donde:

- $Q.M.D$: Caudal Máximo Diario ($\frac{m^3}{día}$)
- k : Factor de mayoración. Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al periodo de diseño, el factor no puede ser superior a 1,3
- $q.m.d$: Caudal medio diario ($\frac{m^3}{día}$)

9.3 Marco Normativo

Para realizar el prediseño conceptual de la planta de tratamiento de agua potable para la vereda Tenería del municipio de Suesca, Cundinamarca, se tendrá en cuenta la normatividad vigente la cual esta relaciona con el proyecto. A continuación, (ver Tabla 7) se describe una matriz legal donde se detalla cada norma.

Tabla 7. Matriz legal de la normatividad vigente relacionada con el proyecto

Marco	Año	Quien La Expide	Título de la Norma	Artículo (S)	Descripción
Constitución Política	1991	Corte Constitucional	Constitución Política De Colombia	365	Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. (UNESCO, 1991).
				366	El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. (UNESCO, 1991).
				367	Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. (UNESCO, 1991).
				370	Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten. (UNESCO, 1991).
Resolución	2007	Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Resolución 2115	Todos	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. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007).

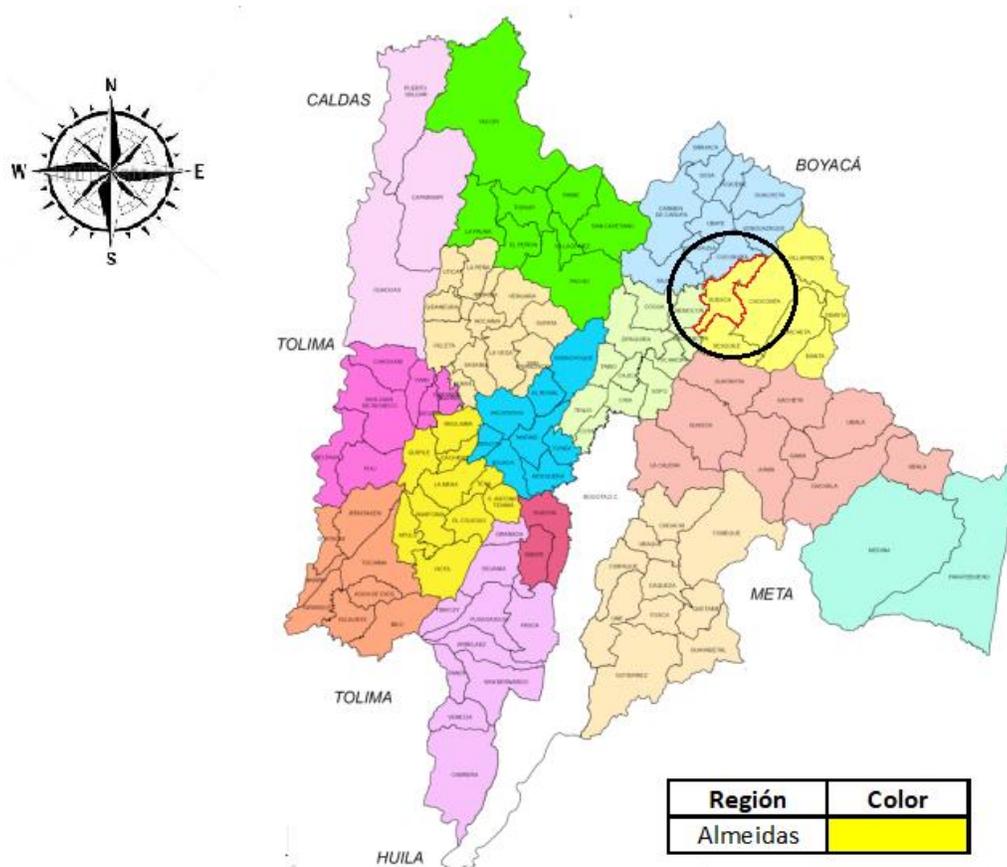
Decreto	2007	Ministerio De La Protección Social	Decreto 1575	Todos	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. (Ministerio De La Protección Social, 2007).
Decreto	2010	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Decreto 3930	Todos	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
Resolución	2017	Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio.	Reglamento técnico - RAS Resolución 0330	Capítulos 2 y 3	La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. (Ministerio De Vivienda Ciudad Y Territorio, 2017).
Ley	1993	Congreso de Colombia	Ley 99	43	Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, bien sea para consumo humano, recreación, riego o cualquier otra actividad industrial o agropecuaria, deberá destinar no menos de un 1% del total de la inversión para la recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográficas que alimenta la respectiva fuente hídrica. (Congreso De Colombia, 1993).
Decreto	2015	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076	Capítulo 6	Compila todas las normas respecto al cobro de las Tasas por Utilización del Agua. (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).
Resolución	2015	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Resolución 631		Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).

Fuente: (Autor, 2018)

10.1 Marco Geográfico

El municipio de Suesca pertenece al departamento de Cundinamarca. Está ubicado sobre la cordillera oriental a 60 kilómetros del norte de Bogotá. Su extensión aproximada es de 177 km² limitando por el noroccidente con los municipios de Nemocón, Tausa, Cucunubá y Lenguaque y por el suroriente con Gachancipá, Sesquilé y Chocontá. Perteneció a la región de los Almeidas. Se encuentra a una altitud de 2.584 metros sobre el nivel del mar y su temperatura promedio es de 14 °C. El municipio se encuentra subdividido por el casco urbano y un total de 19 veredas las cuales tienen una junta de acción comunal con personería jurídica. En la siguiente figura se puede identificar el municipio de Suesca. (Alcaldía Municipal de Suesca Cundinamarca, 2018).

Figura 4. . Localización del municipio de Suesca en el departamento de Cundinamarca

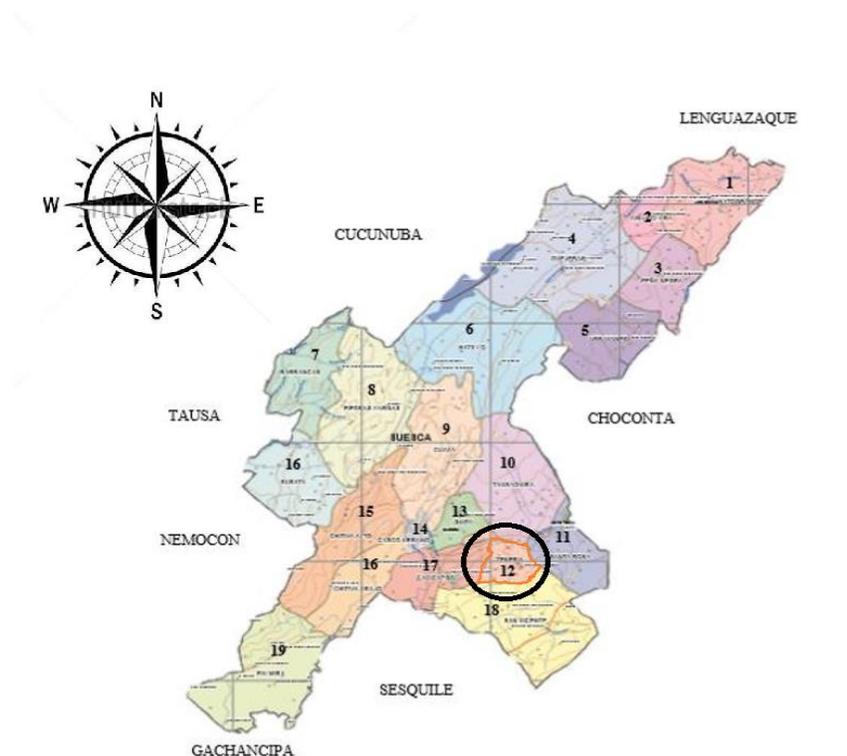


Fuente: (Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC, 2011)

La vereda Tenería pertenece al municipio de Suesca tiene una extensión aproximada de 3 km² que corresponde al 1,91% de extensión del municipio. Se ubica en las coordenadas N 05° 05.487' W 0,73° 45.94'. Limita por el norte con la vereda de Tausaquira, por el sur- este con la vereda de San Vicente, por el occidente con la vereda de Cacicazgo y al este con la vereda de Santa Rosita. Cuenta con 374 habitantes, su principal economía se basa en los cultivos de papa, arveja, maíz, haba, fríjol y huertos para autoconsumo. Está ubicada sobre la antigua vía principal del norte que comunica a la vereda de Santa Rosita con el casco urbano de Suesca, también tiene una vía que conduce a la vereda de San Vicente. (Alcaldía Municipal de Suesca Cundinamarca, 2018).

Cuenta con una sede educativa básica, una Junta de Acción Comunal un salón social. En la siguiente figura se identifica la vereda Tenería la cual se encuentra al sur-este de la cabecera del municipio.

Figura 5. Localización de la vereda Tenería en el municipio de Suesca



Fuente: (Morales, 2017)

11 Diseño Metodológico

11.1 Marco Metodológico

A partir de las fuentes consultadas y la información recopilada, se define el alcance, el enfoque, el método, la unidad de análisis, las técnicas e instrumentos y el informante que rigen el desarrollo de la investigación. A continuación, se presentan los aspectos del proyecto anteriormente mencionados, según lo que plantea Sampieri en su libro sexta edición 'Metodología De La Investigación' (Sampieri, 2014).

11.2 Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación es descriptivo-correlacional, ya que el proyecto pretende identificar y especificar sobre las condiciones actuales de la vereda Tenería asociadas a la salud pública, distribución y calidad del agua, a partir de la recopilación de información primaria y secundaria. Por otro lado, también se pretende determinar la existencia de una relación entre las características fisicoquímicas actuales del agua y su impacto en la salud de la población de la vereda, según lo planteado en la pregunta de investigación que rige el desarrollo de este proyecto.

11.3 Enfoque de la Investigación

De acuerdo con el objetivo general del proyecto, el prediseño conceptual de una planta de tratamiento de agua potable tiene un enfoque mixto. Sampieri plantea que la gran mayoría de los proyectos de ingeniería requieren una aproximación mixta de los enfoques, dado que, a partir de un análisis a profundidad de los datos y su contextualización con la situación entre manos, da las herramientas para la formulación de los diseños que satisfagan las necesidades técnicas y sociales identificadas. (Sampieri, 2014). Al realizar el prediseño de la planta se evidenciará un enfoque cualitativo debido a que se realizará una búsqueda de información primaria y secundaria sobre el sistema existente y sobre lo que el proyecto planteará, se analizarán los resultados de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas para determinar la calidad del agua existente que está consumiendo la comunidad, y se comparará el caudal actual aquel que fue concesionado en 1990 por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. En cuanto al enfoque cuantitativo, se realizará toda la base de cálculos para el diseño conceptual de la planta teniendo en cuenta las situaciones identificadas del análisis de la información.

11.4 Método de la Investigación

El método que más se acoge a esta investigación es el analítico, el cual se basa en el reduccionismo para observar las causas, la naturaleza y los efectos de una situación compleja. Este método permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías (Ruíz, 2007). Para el prediseño conceptual de una planta de tratamiento de agua potable, es necesario analizar información previa que determina los parámetros de diseño, además de establecer los procesos unitarios que la componen.

11.5 Técnicas e Instrumentos

A continuación, se realiza una breve descripción sobre las técnicas e instrumentos utilizados en el diseño metodológico del proyecto, expuestos en la matriz metodológica. Ver Tabla 12.

➤ *Análisis documental*

Lourdes Castillo define el análisis documental como una operación intelectual que da lugar a un documento secundario que actúa como instrumento de búsqueda obligado entre el documento original y el usuario que solicita información (Castillo, 2005).

➤ *Observación participante*

La observación participante aquella en la que el observador participa de manera activa dentro del grupo que se está estudiando y tiene una participación tanto externa, en cuanto a actividades, como interna, en cuanto a sentimientos e inquietudes (Campoy Aranda & Gomes Araújo, 2009).

➤ *Entrevista semiestructurada*

En esta modalidad el entrevistador lleva una guía de preguntas básicas, sin embargo, tiene la libertad de intervenir para cuestionar a la persona entrevistada sobre aquellos temas que le interesen, u omitir algunos temas de acuerdo con su criterio (Morga Rodriguez, 2012).

➤ *Análisis de datos*

Se puede aplicar esta técnica para datos cualitativos y cuantitativos. Comúnmente, se utilizan los aplicativos de Microsoft Office, como lo son Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Access, etc (Peersman, 2014).

➤ *Grupo nominal*

Esta técnica se caracteriza porque tiene una fase de reflexión individual de generación de ideas, y una segunda, en la que hay una socialización y discusión de estas para su evaluación y posterior ordenamiento. Resulta de gran utilidad para la generación de ideas y el análisis de problemas (Campoy Aranda & Gomes Araújo, 2009).

➤ *Grupos de discusión*

Consiste en formar un grupo reducido de personas para el intercambio de ideas sobre un tema de interés para aquellos que participan, con la finalidad de resolver un problema o tratar un tema en específico. La sesión debe estar planificada, de acuerdo con normas establecidas por el investigador para el proceso (Campoy Aranda & Gomes Araújo, 2009).

11.6 Unidad de Análisis

El proyecto está enfocado a una sola unidad de análisis el cual es el prediseño conceptual de una planta de tratamiento de agua potable para la vereda Tenería del municipio de Suesca, Cundinamarca. Se realizó una búsqueda de información, con el fin de indagar más acerca del problema donde se revisan antecedentes en relación con el acueducto veredal, la población y su proyección, y la caracterización ambiental del sitio.

11.7 Variables e indicadores

Dentro del proceso metodológico, se definieron una serie de variables, atributos e indicadores para las dimensiones ambientales, sociales y económicas que engloban el proyecto. La siguiente tabla presenta en detalle lo que se mencionó anteriormente por cada dimensión, así como las técnicas utilizadas para el levantamiento de la información necesaria. Esta tabla se construyó con el fin de confirmar la consecuencia del planteamiento metodológico con lo que se obtuvo en los resultados.

Tabla 8. Variables e indicadores

Dimensión	Variable	Aspecto	Atributos	Indicadores	Técnicas
Ecológica	Agua	Calidad	Físico, Químico, Microbiológico	Turbiedad, pH, Alcalinidad total, Acidez total, Dureza total, Coliformes Totales, Coliformes fecales, DBO	Análisis de parámetros y criterios normativos
		Cantidad	Caudal de diseño	Caudal Máximo Diario (Q.M.D)	Recopilación de información asociada a datos poblacionales para el cálculo de la dotación bruta, caudal medio diario (q.m.d) y caudal máximo diario (Q.M.D)
		Oferta y demanda hídrica	Oferta del cuerpo de agua y demanda poblacional	Comparación oferta y demanda hídrica asociada al caudal concesionado y a las	Comparación y Análisis

				necesidades actuales	
	Biodiversidad	Caracterización biótica	Fauna Flora	Densidad poblacional de especies a partir de información secundaria	Inventarios a partir de información secundaria
Social	Población	Crecimiento poblacional	Datos censales de años anteriores	Métodos de proyección poblacional establecidos en la resolución 0330 de 2017	Programa de Excel
		Usos del agua	Doméstico Agropecuario	Consumo mensual	Entrevista
	Actividades socioeconómicas	Ocupación del suelo	Uso y vocación del suelo	Distribución espacial de la vocación y uso del suelo	Comparación y Análisis
Económico	Valoración económica	costos	Costo unitario de las unidades de tratamiento	Costo total de los componentes de la planta de tratamiento	Observación y comparación

Fuente: (Autor, 2018)

11.8 Informante

Partiendo de que el proyecto tiene como finalidad el prediseño conceptual de una planta de tratamiento de agua potable desde los fundamentos de la ingeniería socio-técnica para la vereda Tenería, del municipio de Suesca Cundinamarca, se tendrá como informante uno de los fundadores del acueducto de la vereda y al anterior presidente de la junta de asociación del acueducto con el fin de obtener información más detallada acerca del proyecto. Por otro lado, no se obtendrá información directa de la población, sólo se tomará una muestra representativa de la vereda, para realizar una socialización previa según lo planteado en el segundo objetivo.

11.9 Metodología por objetivo específico

11.9.1 Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.

Dentro de este objetivo se enmarca el alcance descriptivo del proyecto, ya que es necesario detallar los componentes sociales y ambientales de la vereda Tenería y el cuerpo de agua donde se abastece la población para determinar las variables y los parámetros requeridos que el diseño de la planta de tratamiento debe satisfacer. El diagnóstico se hizo a partir de información primaria y secundaria, la cual fue levantada principalmente por medio de las técnicas de análisis documental, visitas de campo y entrevistas semiestructuradas, que permitieron interpretar las condiciones socio-ambientales del área de estudio como determinantes para la propuesta de una alternativa de tratamiento para el mejoramiento de calidad del agua de la vereda Tenería.

Para la zonificación ambiental, se realizó la identificación de coberturas utilizando la tabla de clasificación de coberturas y usos de la tierra según el sistema CIAF, la cual establece los siguientes niveles de identificación por medio de la fotointerpretación.

Tabla 9. Clasificación de la cobertura y el uso de la tierra según el sistema CIAF

	Nivel 1 Exploratorio	Nivel 2 Reconocimiento	Nivel 3 Semidetallado	Nivel 4 Detallado
CLASES	1. Construcciones	a. Urbano	1- Residencial 2- Industrial 3- Comercial 4- Educativo 5- Recreativo	* Unifamiliares, multifamiliares, hoteles * Textil, metalmecánica, transporte, artesanal, fabril * Colegios, escuelas, universidad elemental superior * Parques, cines, clubes

	b. Rural	1- Nucleados 2-Dispersos	* Caseríos, industrias, parques * Viviendas, galpones, corrales, bodegas, invernaderos
2. Cultivos y Parcelas	a. Perennes o Semiperennes	1- Irrigados 2- No irrigados	* Frutales, caña, cultivos comerciales *Café, banano, palma de aceite, frutales, caña
	b. Temporales	1- Irrigados 2- No irrigados	* Espigas, líneas, forrajes, habas, tomates, flores * Cultivos comerciales * Espigas, líneas, barbecho, algodón
	c. Confinados	1- Horticultura 2- Flores 3- Viveros	* Lechuga, repollos, rábanos * Claveles, rosas, anturios
3. Vegetación Herbácea Descubierta	a. Pastizales naturales	1- Herbáceos 2- Arbustivos	* Géneros, protección, pastoreo * Géneros, características fisionómicas, estructura florística
	b. Portereros o Dehesas	1- Irrigados 2- No irrigados	* Leguminosas, gramíneas, especies * Mezcla, especies
	c. Tundras o Páramos	1- Herbáceos 2- Arbustivos	* Género, especies * Protección, pastoreo
4. Bosques y/o Montes	a. Natural	1- Latifoliadas 2- Coníferas 3- Matorral	* Protector, comercial, especies, dominancia, posición * Fisiográfica, densidad, composición estructural * Protector, comercial, especies, dominancia, posición, fisiográfica, densidad * Protector, comercial, especies, dominancia, posición, fisiográfica, densidad, composición estructural
	b. Pantano	1- Latifoliadas 2- Coníferas 3- Reforestación	* Protector, comercial, especies, densidad * Protector, comercial, especies, densidad * Protector, comercial, especies, densidad
5. Cuerpos de Agua	a. Superficies libres	1- Natural 2- Artificial	* Lagos, nieves, hielos * Represas, dársenas
	b. Pantanos	1- Permanentes 2- Temporales	* Hierbas, eutróficas, arbustos * Hierbas, arbustos
6. Tierras Eriales	a. Rocas expuestas	1- Masivos 2- Fragmentación	* Escarpes, inserlbergs, etc. * Debris, coluvios

		b. Suelo desnudo	1- Erosión provocada 2- Erosión natural 3- Canteras y minas 4- Riveras y playas 5- Dunas	* Surcos, cárcavas, malpais, remoción en masa * Movimiento en masa * Arenas, calizas, otros * gravas, arenas, turismo
--	--	------------------	--	--

Fuente: (Contreras, S.f)

La clasificación de coberturas para el área de estudio fue realizada hasta el Nivel 3 – Semidetallado, ya que los niveles superiores no aplican al desarrollo del proyecto.

11.9.2 Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería.

Para este objetivo fue necesario establecer los procesos unitarios que componen una planta de tratamiento de agua potable y para ello se diseñó una matriz de doble entrada que permitiera la evaluación ambiental considerando los criterios técnicos que involucra cada tratamiento. Ver Tabla 10. Una vez que se identificó los tipos de tratamientos aplicables, se realizó una socialización de la metodología de evaluación con la comunidad, en donde se explicó de manera sencilla el funcionamiento de cada proceso y el concepto técnico. Para evaluar la matriz se utilizó un sistema de calificación de 1 a 5 siendo uno el valor más bajo, en el cual, el sistema de tratamiento evaluado no satisface ninguna de las necesidades que manifiesta la comunidad y 5, el más alto, donde el sistema de tratamiento satisface la gran mayoría o todas las necesidades que manifiesta la comunidad. Ver Tabla 11. Acto seguido, se desarrolló el cálculo de los procesos unitarios del tratamiento seleccionado para proceder a su pre-dimensionamiento.

Tabla 10. Matriz de evaluación para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado.

Tecnologías de Tratamiento	Componentes			Promedio
	Socio-Económico	Ambiental	Técnico	
Tratamiento Convencional				
Filtración Directa				
tratamiento compacto				

Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 11. Rangos de calificación de la matriz de evaluación para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado.

Calificación	
Bajo	1-2
Medio	3-4
Alto	5

Fuente: (Autor, 2018)

Para determinar los costos de la planta de tratamiento convencional, se realizó un estimativo de acuerdo con una serie de ecuaciones que se puede encontrar en el libro ‘Purificación del Agua’ de Jairo Alberto Romero Rojas, las cuales se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 12. Ecuaciones de costos de PTAP pequeñas

Proceso	Costo de construcción de procesos unitarios	Costo de operación y mantenimiento / Año
Aireación	$38 Q_M^{0,74}$	$2 Q^{1,01}$
Mezcla rápida y floculación	$1553 Q_M^{0,45}$	$600 + 36 Q^{0,59}$
Sedimentación	$8600 + 2694 Q_M^{0,51}$	$539 Q^{0,20}$
Filtración por gravedad	$4052 Q_M^{0,62}$	$500 + 117 Q^{0,70}$
Cloración	$12500 + 116 Q_M^{0,74}$	$4150 + 33 Q^{0,70}$

Q_M = Caudal máximo diario en m^3/d

Q = Caudal promedio diario en m^3/d

(Romero Rojas, 2009)

Por otro lado, la construcción de los esquemas se realizó por medio del software AutoCAD, versión 2017 en donde se generó un plano para cada uno de los procesos que componen la planta de tratamiento.

11.9.3 Objetivo específico 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.

Finalmente, se realizó una socialización final de la propuesta elegida con la comunidad de la vereda, en donde se presentaron los planos finales, así como la matriz de costos de la planta. Este objetivo utiliza la técnica de grupos de discusión, y tiene como resultado unos formatos que verifiquen que la comunidad conoce los aspectos básicos del proyecto. Este objetivo enmarca el alcance correlacional del proyecto, ya que fue necesario explicarle de manera clara y precisa a la comunidad los procesos que permitan mejorar su bienestar de vida, además de la base técnica de los tipos de tratamiento para el cumplimiento de requerimientos sociales y legales. A continuación, se muestra una matriz que se diseñó para la recolección y registro de la información sobre las visitas a campo que se realizaron desde el inicio del proyecto hasta su culminación, además de la entrega de la información obtenida y desarrollada por este proyecto a la comunidad.

Tabla 13. Matriz de registro de información

Actividad realizada	Nombre	Fecha	Anexo

Fuente: (Autor, 2018)

11.10 Matriz Metodológica de la Investigación

La matriz metodológica presentada a continuación establece un consolidado del planteamiento metodológico que abarca el proyecto, con el fin de evidenciar su trazabilidad por etapa, permitiendo una verificación del cumplimiento de los objetivos conforme a los resultados esperados

Tabla 14. Matriz metodológica de la investigación

Objetivos		Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
General	Objetivos				
Diseñar de manera conceptual una planta de tratamiento de agua potable partiendo de los fundamentos de la ingeniería socio-técnica para la vereda Tenería, del municipio de Suesca, Cundinamarca.	Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.	Obtener información fisicoquímica y microbiológica del cuerpo de agua	Análisis de datos	Copias	Obtener un diagnóstico social y ambiental del área de estudio con el fin de compilar toda la información y poder realizar un análisis para identificar el tipo de diseño conceptual que se va a realizar
		Reconocer la zona de estudio	Visitas de Campo, Observación directa, Fotografías, coordenadas Geográficas	Libreta, Cámara	
		Buscar documentos acerca del acueducto (fecha de funcionamiento, distribución)	Análisis Documental	Referencias Bibliográficas	
		Realizar entrevistas al fundador y anterior presidente del acueducto	Entrevista semiestructurada	Registro de entrevistas (Libreta de campo y audios)	
		Zonificar la zona de estudio a partir de fotografías aéreas	Análisis de datos	Software ArcGIS	
		Identificar los principales usos del suelo.	Análisis Documental, Entrevista semiestructurada	Referencias Bibliográficas, libreta de campo	
		Identificar las actividades económicas de la Zona	Análisis Documental, Entrevista semiestructurada	Referencias Bibliográficas, libreta de campo	
		Identificar la infraestructura existente del acueducto	Registros fotográficos	Cámara, libreta de campo	

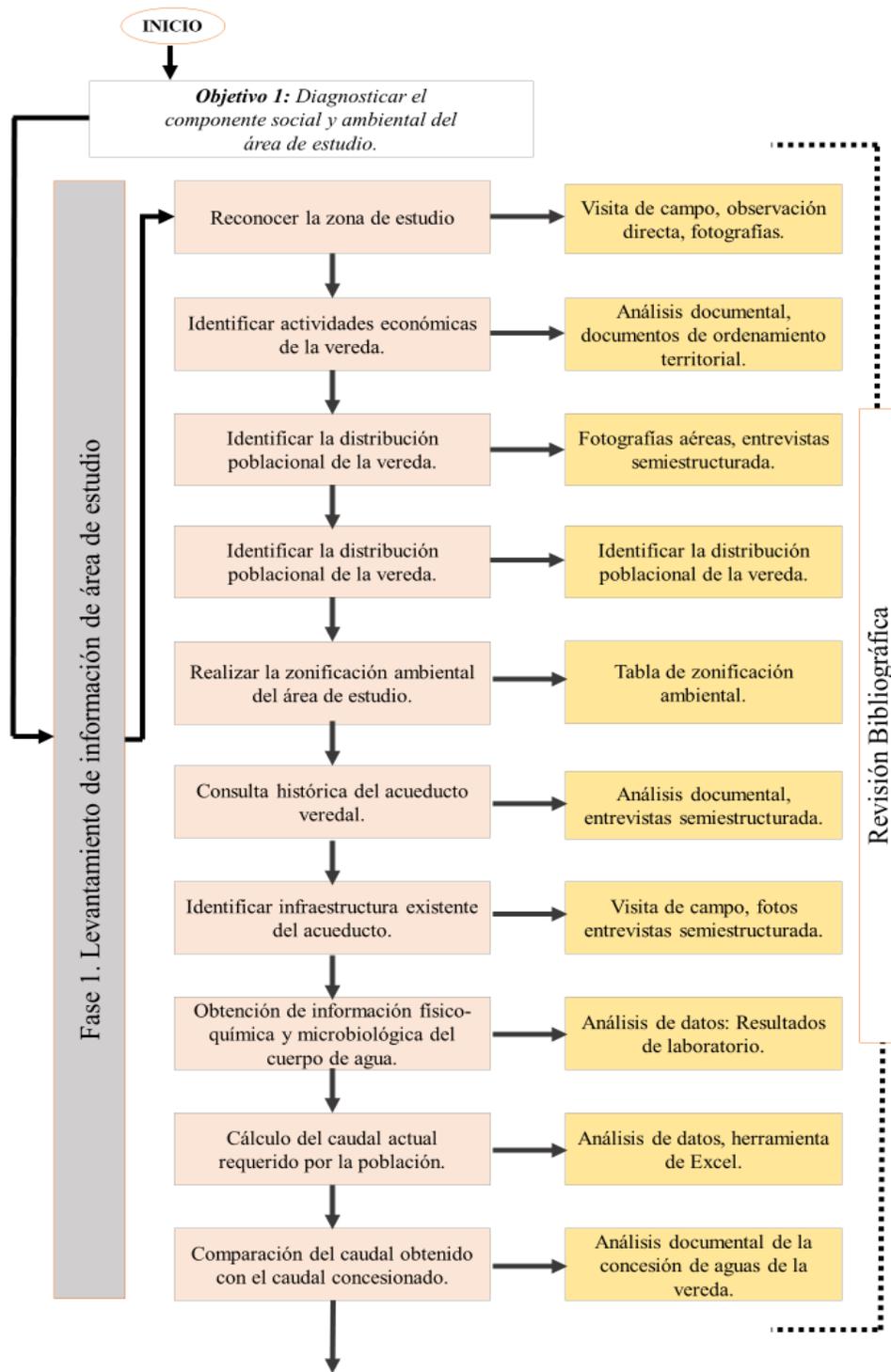
		Identificar la distribución poblacional	Fotografías Aéreas, Entrevista semiestructurada	Fotos, Registro de entrevistas (Libreta de campo y audios)	
		Calcular Caudales	Análisis Documental	Programa Excel	
	Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio- ambiental para la vereda de Tenería	Identificar los tipos de tratamiento para PTAP	Análisis Documental	Referencias Bibliográficas	Obtener el diseño conceptual de la PTAP para la vereda Tenería
		Reunir la comunidad para enseñar los tipos de tratamiento e identificar uno de ellos	Grupos de discusión	Matriz de tipos de tratamiento	
		Definir el tipo de tratamiento más adecuado	Análisis Documental	RAS-2017	
		Diseñar una matriz de cálculos para los procesos unitarios de la planta	RAS-2017	Programa- Microsoft Excel	
		Elaborar los esquemas de la planta	Técnicas de diseño	Programa AutoCAD	
		Elaborar una matriz de costos de la PTAP	Análisis Documental	Referencias Bibliográficas	
	Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.	Realizar visitas periódicas - proceso participativo	Grupos de discusión	Visita de campo	Socializar el proyecto a una parte de la comunidad
		Socializar el documento final a la Junta Directiva de la Asociación de Acueducto Vereda Tenería	Grupos de discusión	Programa PowerPoint	

Fuente: (Autor, 2018)

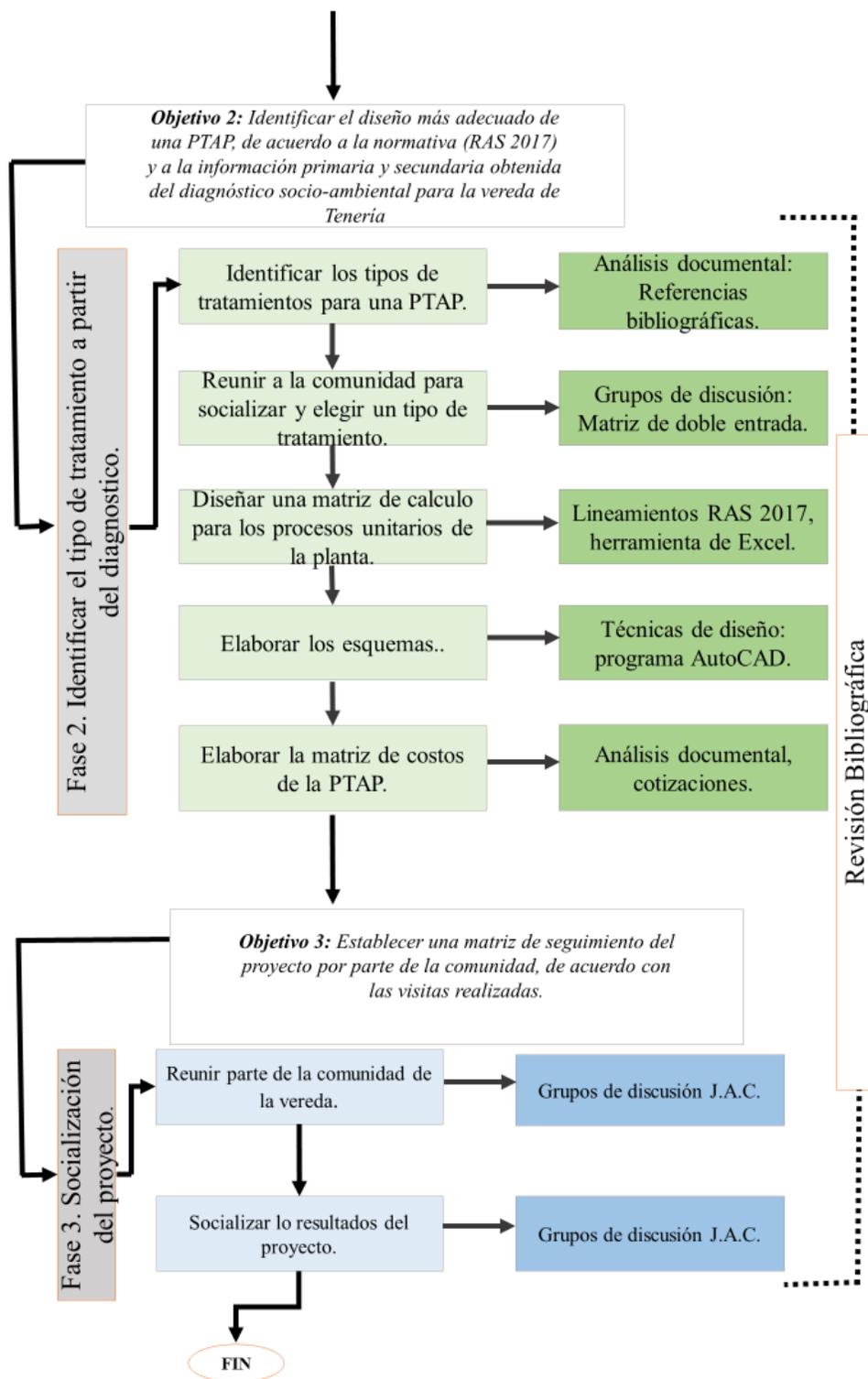
11.11 Flujo Metodológico del Trabajo de Investigación

El siguiente flujo presenta la secuencia de las actividades de cada objetivo, asociando las técnicas utilizadas y propuestas en fases que permitieron una organización del plan de trabajo hasta su culminación. La diferenciación de las actividades se hizo por medio de colores, donde el rojo corresponde a las actividades del objetivo específico 1 y el naranja a las técnicas e instrumentos de dichas actividades; el color verde para las actividades del objetivo específico 2 y su matiz más oscuro, referencia las técnicas e instrumentos respectivos; y el color azul, a las actividades del objetivo específico 3, el cual también muestra las técnicas e instrumentos utilizados para su desarrollo.

Figura 6. Esquematación de las diferentes etapas y fases del trabajo de investigación



Fuente: (Autor, 2018)



Fuente: (Autor, 2018)

12 Resultados

12.1 *Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio*

12.1.1 *Resultados de la Calidad del Agua de la Quebrada El Pinueñal*

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los parámetros físicos y químicos del agua del sitio de captación elaborados por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2017. Se comparan con la normatividad vigente (resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). Adicionalmente, se establece el cumplimiento o no de cada parámetro con respecto a los valores máximos permisibles. Nótese que los espacios con guiones dentro de la tabla hacen referencia a valores que no están especificados en la correspondiente norma.

Tabla 15. Comparación de resultados de laboratorio con los valores máximos permisibles según la resolución 2115 de 2007

	Parámetro	Resultado	Valor máximo aceptable según la Norma	Cumple / No Cumple
1	Turbiedad	39,1	2	No Cumple
2	Color verdadero	18	15	No Cumple
3	pH	7	Entre 6,5 y 9,0	Cumple
4	Conductividad Especifica	11,3	-	-
5	Alcalinidad Total	6	200	Cumple
6	Alcalinidad hidróxidos	0	-	-
7	Alcalinidad Carbonatos	0	-	-
8	Alcalinidad Bicarbonatos	6	-	-
9	Acidez total	1	-	-
10	Acidez mineral	0	-	-
11	Acidez sales Hidrolizables	1	-	-
12	CO ₂ Libre	0	-	-
13	Dureza total	10	300	Cumple

14	Dureza Carbonácea	6	-	-
15	Dureza No Carbonácea	4	-	-
16	Calcio	8	60	Cumple
17	Magnesio	2	36	Cumple
18	Hierro	0,3	0,3	Cumple
19	Manganeso	<0,05	0,1	Cumple
20	Amonio	<0,1	-	-
21	Nitritos	<0,1	0,1	Cumple
22	Nitratos	0,2	10	Cumple
23	Cloruros	0,4	250	Cumple
24	Sulfatos	0,5	250	Cumple
25	Ortofosfatos	<0,2	-	-
26	Sólidos Totales	104	-	-
27	Sólidos Suspendidos Totales	86	-	-
28	Coliformes Totales	26	0	No Cumple
29	E. coli	21	0	No Cumple
30	Fluoruros	0,09	1	Cumple
31	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	6	-	-

Fuente: (Autor, 2018 a partir de Resultados de Laboratorio Universidad Nacional)

Para la muestra de agua del nacedero de la quebrada El Pinueñal se obtuvo el IRCA referenciado en la Tabla 2 de este documento, el cual fue el siguiente:

Tabla 16. Puntaje de riesgo del nacedero de la quebrada El Pinueñal para el cálculo del IRCA

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
Coliformes totales	15
Escherichia Coli	25

Fuente: (Autor, 2018)

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{6 + 15 + 1,5 + 15 + 25}{100} \times 100 = 62,5$$

Tabla 17. Nivel de riesgo de la calidad del agua del nacedero de la quebrada El Pinueñal.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Acciones
62,5	Alto	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

Fuente. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007)

12.1.1.1 Tipos de Tecnologías Para Agua Potable Según la resolución 0330 del 2017 expedida por Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

De acuerdo a las características físicas y microbiológicas que no cumple las muestras analizadas se realizó una matriz a partir de la información de los tipos de tecnologías que se pueden hacer para eliminar estos contaminantes.

Tabla 18. Tipos de tecnologías de acuerdo al resolución 0330

Características que no cumple	Tecnología de Tratamiento	Aireación	coagulación + Flocculación +	Filtración Convencional	Oxidación química	Micro filtración	Ultrafiltración	Nano filtración	Ósmosis inversa	Filtración por adsorción	Filtración optimizada	Desinfección
	Contaminante que se va a remover											
Físicas	Turbiedad		x	x	x	x	x	x	x	x	x	Obligatorio
	Color verdadero	x			x					x		
Microbiológicas	Coliformes Totales			x		x	x				x	
	E. Coli					x	x				X	

Fuente: (Autor, 2018)

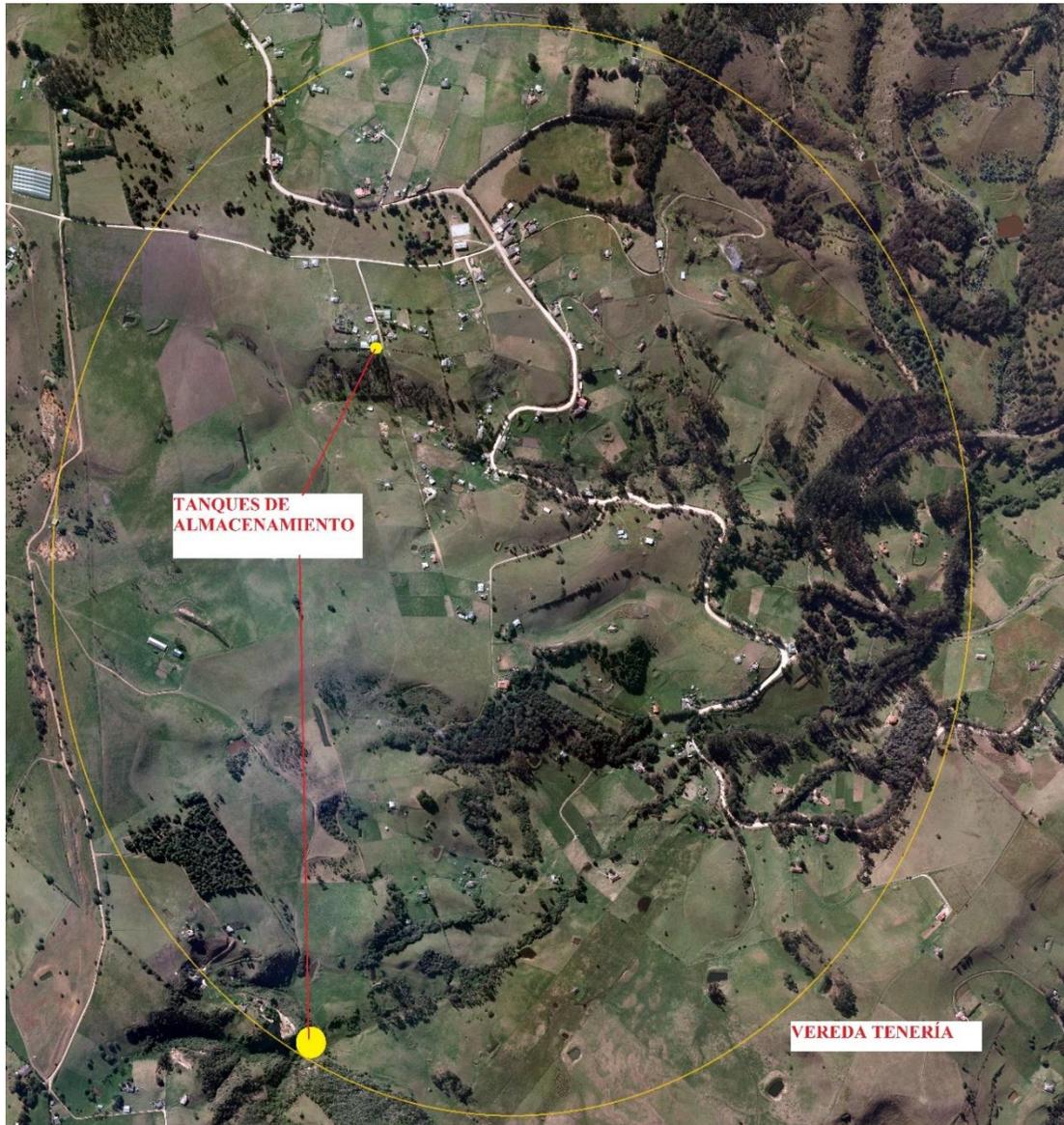
12.1.2 Descripción del Sitio de Captación del Agua

Para llegar a la bocatoma, es necesario tomar desde la cabecera municipal de Suesca, la antigua vía principal a la autopista norte y coger el desvío por una vía secundaria hacia la vereda Tenería. Al llegar a lo que se conoce como las casas principales de la vereda, es necesario realizar una caminata de 50 minutos hasta el punto de captación del agua. Se logró evidenciar que la vereda de Tenería cuenta con dos tanques de almacenamiento y una red de distribución, la cual cuenta con 130 puntos de conexión, por medio de un sistema de distribución por gravedad, como se puede observar en las fotografías correspondientes a los anexos del trabajo. Del Sistema de captación y almacenamiento de agua de la vereda (ver Anexo 4, Anexo 5 y Anexo 6). Esta información se complementara en los apartados 12.1.3 y 12.1.4 del presente trabajo.

12.1.3 Zonificación Ambiental del Sitio de Captación del Agua.

La zonificación ambiental de la vereda Tenería se realizó a partir de una aerofotografía del sitio tomada en el año 2007 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y se procesó por medio del software QGIS. Se logró identificar el tipo de coberturas que se encuentran en el sitio, así como la distribución de la población y la ubicación de los tanques de almacenamiento del acueducto, los cuales se ven representados en la siguiente figura con dos puntos amarillos.

Figura 7. Aerografía del área de estudio



Adaptado por (Autor, 2018)

Para la identificación de los tipos de coberturas se utilizó la tabla de clasificación de la cobertura y el uso de la tierra según el sistema CIAF y una aerografía del sitio. A continuación, se presenta una tabla donde se identifica los tipos de coberturas que se encuentran en la vereda y un mapa de clasificación de las coberturas.

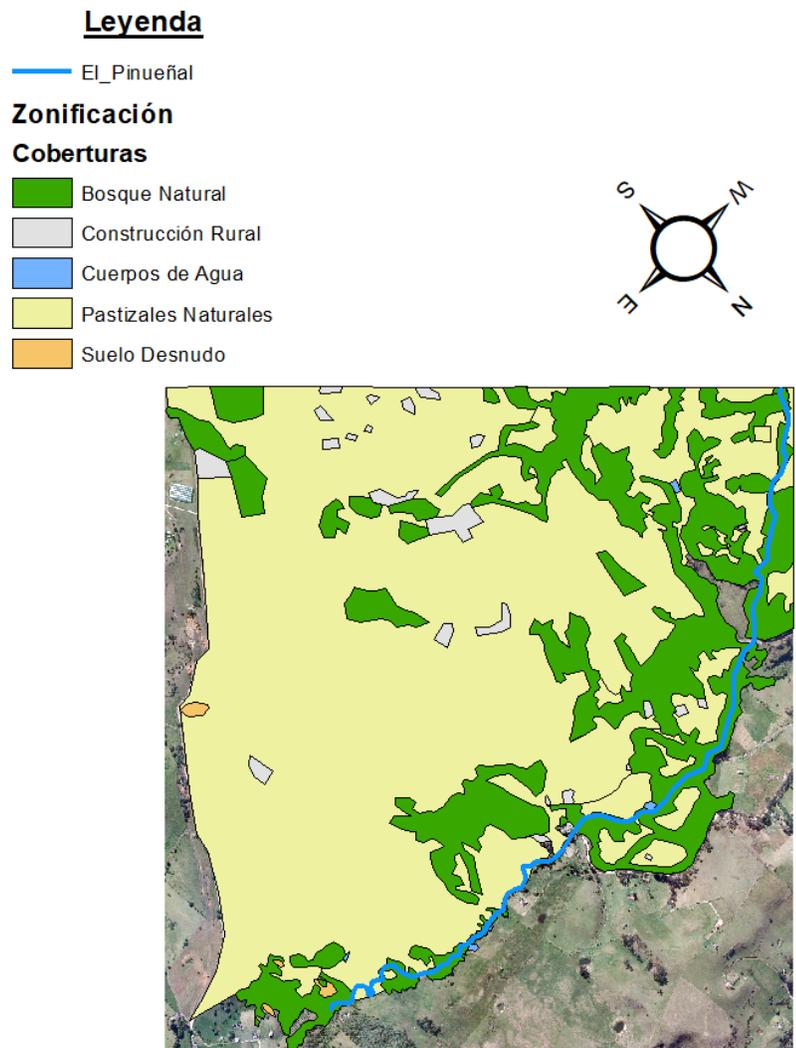
Tabla 19. Clasificación de las coberturas del área de estudio

	Nivel 1 Exploratorio	Nivel 2 Reconocimiento	Nivel 3 Semidetallado
CLASES	1. Construcciones	b. Rural	1- Nucleados 2- Dispersos
	3. Vegetación Herbácea Descubierta	a. Pastizales naturales	1- Herbáceos: cocuyos 2- Arbustivos: espinos
	4. Bosques y/o Montes	a. Natural	1- Latifoliadas: Chusque, aliso 2- Coníferas: Pino, eucalipto 3- Matorral: Espinos, helechos
	5. Cuerpos de Agua	a. Superficies libres	1- Natural: Quebrada El Pinueñal 2- Artificial: Reservorios
	6. Tierras Eriales	b. Suelo desnudo	2- Erosión natural 3- Canteras y minas

Adaptado por: (Autor, 2018)

Como se mencionó en la explicación del desarrollo metodológico del primer objetivo para la zonificación ambiental, sólo se realizó hasta el Nivel 3- Semidetallado, en donde se lograron evidenciar las diferentes clases de coberturas que componen la vereda Tenería por medio de la fotointerpretación y el conocimiento previo sobre el área de estudio.

Figura 8. Imagen de salida de la clasificación de coberturas de la vereda Tenería según el sistema CIAF



1 centimeter : 41,236.43 centimeters

Fuente: (Autor, 2018)

En la imagen se puede identificar que la cobertura que más amplitud tiene es la de pastizales naturales, siendo la siguiente con más extensión los bosques naturales, que dentro de la comunidad sirven como recursos maderables. También es posible evidenciar que las construcciones rurales se encuentran en algunos puntos nucleados y en su mayoría muy dispersos, lo cual permite inferir que las familias de la vereda cuentan con terrenos muy amplios donde establecen sus lugares de residencia. A partir de una serie de herramientas de análisis que ofrece ArcGIS, fue posible determinar el porcentaje que tiene cada tipo de cobertura con respecto al área total identificada, los cuales se expresan en la siguiente tabla. Cabe resaltar que se excluyó la quebrada El Pinueñal del análisis, dado que fue digitalizada como una línea, las cuales, por su geometría, no ocupan áreas.

Tabla 20. Porcentaje de área de acuerdo al tipo de cobertura

Tipo de cobertura	Área (%)
Bosque Natural	28
Construcción Rural	2,1
Cuerpos de Agua (Reservorios)	0,3
Pastizales Naturales	69,4
Suelo Desnudo	0,2
Total	100

Fuente: (Autor, 2018)

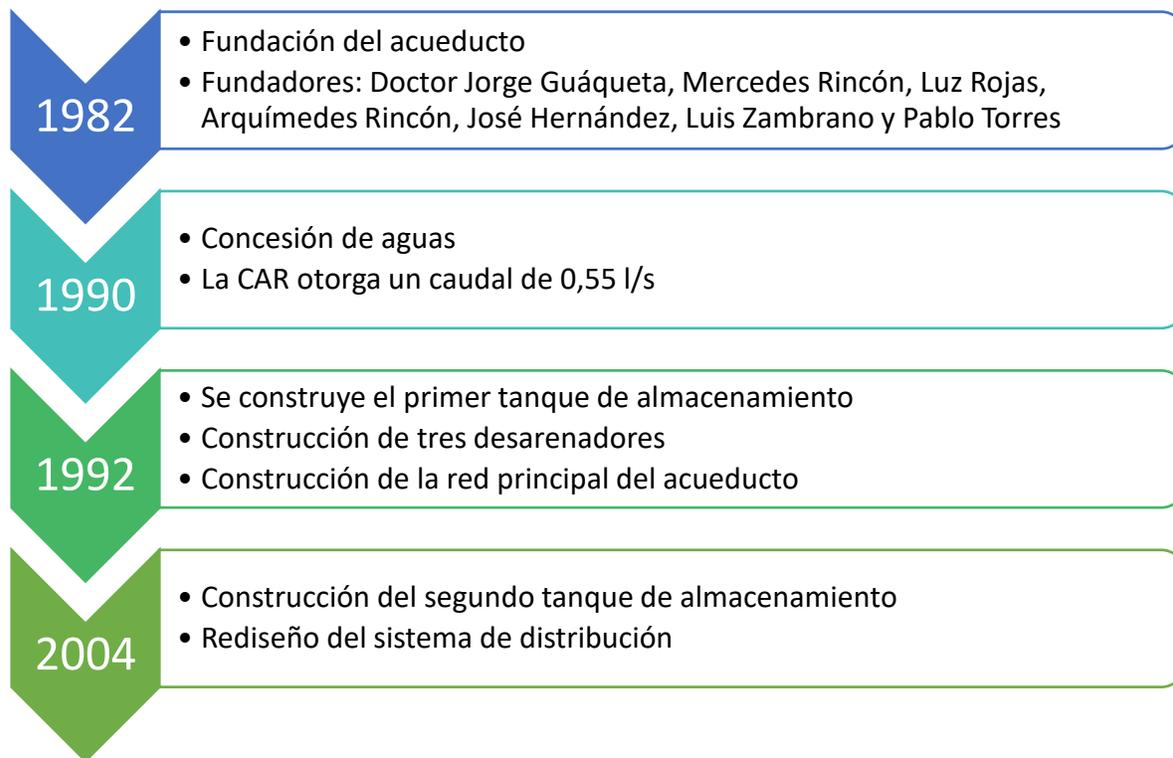
12.1.4 Entrevistas

A continuación, se presenta el consolidado de los resultados de las entrevistas realizadas a Pablo Torres, fundador del acueducto; Reinel Méndez, actual tesorero de la junta directiva de la Asociación de Acueducto de la Vereda Tenería; e Isaías Cita, habitante de la vereda. La información se presenta tabulada y graficada para una mayor facilidad en su análisis.

- **Historia de la fundación del acueducto**

A continuación, se presenta en forma cronológica la historia del acueducto de la vereda de Tenería, según lo narrado por los tres entrevistados.

Figura 9. Historia del acueducto de la vereda Tenería



Fuente: (Autor, 2018)

• **Distribución de la población en la vereda**

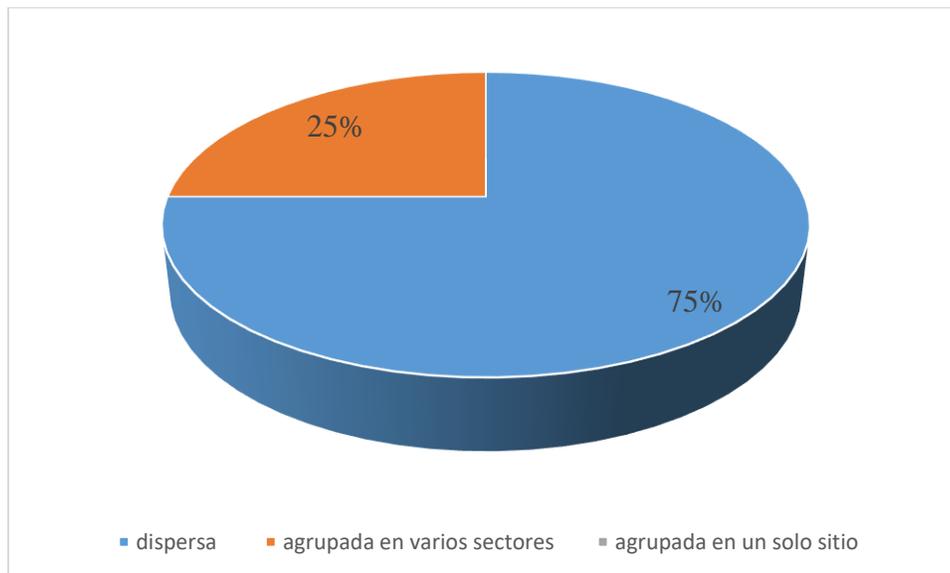
De acuerdo con las respuestas de los entrevistados, la mayoría de la población de la vereda Tenería se encuentra dispersa debido a que cada familia posee predios amplios en donde se encuentran instalados, aunque también se encuentran sectores agrupados de casas y otras instalaciones, como lo son la escuela rural y el salón comunal.

Tabla 21. Distribución de la población

Actor entrevistado	Dispersa	Agrupada en varios sectores	Agrupada en un solo sitio
Pablo Torres	x		
Reinel Méndez	x	x	
Isaías Cita	x		

Fuente: (Autor, 2018)

Figura 10. Distribución de la población



Fuente: (Autor, 2018)

A partir de lo mencionado anteriormente, es posible establecer que el 75% de la población de la vereda se encuentra distribuida de una forma dispersa, según las apreciaciones de los entrevistados.

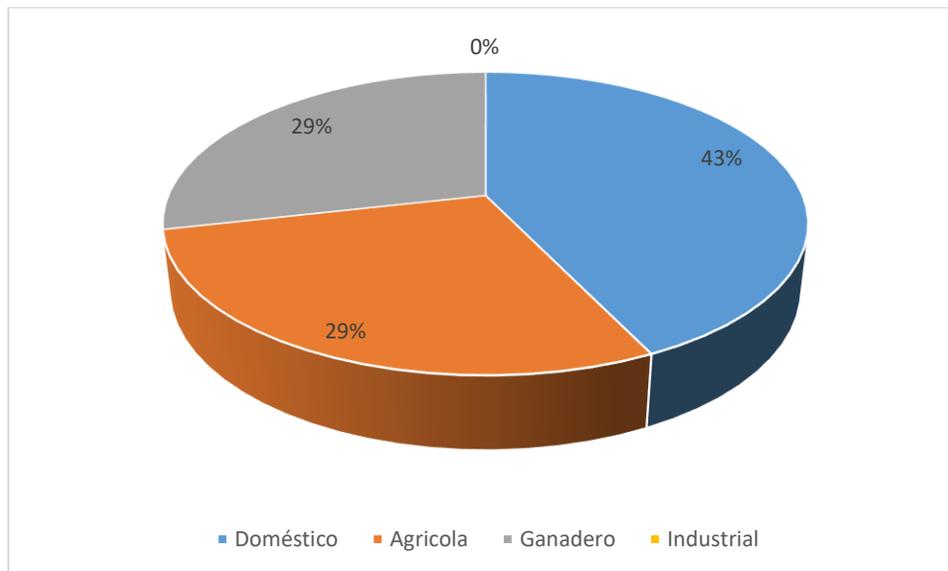
- **Principales usos del agua del acueducto en la vereda**

Tabla 22. Usos que se le da al agua del acueducto

Actor entrevistado	Doméstico	Agrícola	Ganadero	Industrial
Pablo Torres	x	x	x	
Reinel Méndez	x	x	x	
Isaías Cita	x		x	

Fuente: (Autor, 2018)

Figura 11. Usos que se le da al agua del acueducto



Fuente: (Autor, 2018)

En general, el principal uso que tiene el agua del acueducto es para satisfacer las necesidades domésticas de consumo, lo correspondiente al 43%; sin embargo, la mayoría de las personas de la vereda tienen cultivos de maíz y papa para su subsistencia (29%), así como hay otras que se dedican a la crianza de animales (29%) e igualmente utilizan el agua del acueducto para estas actividades.

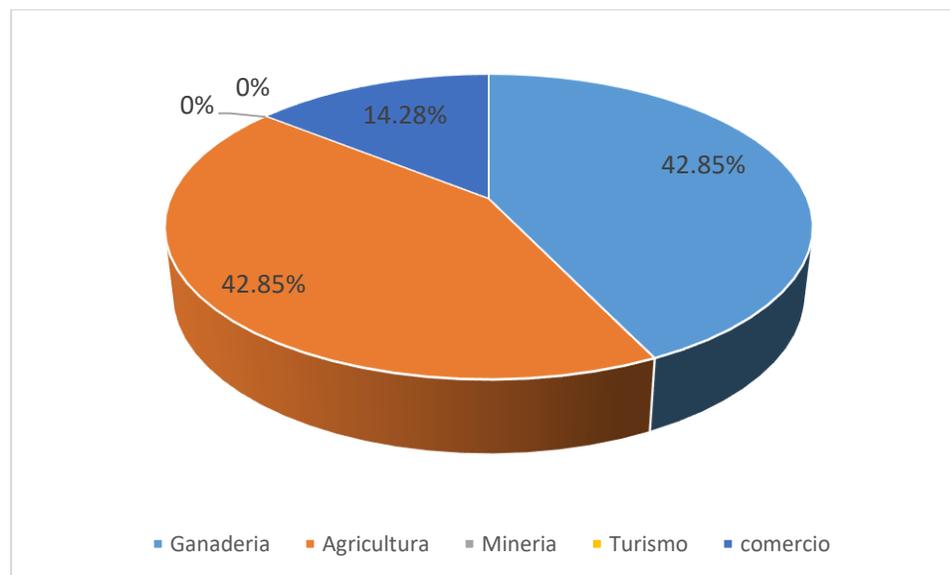
- **Principales actividades económicas de la vereda**

Tabla 23. Actividades económicas

Actor entrevistado	Ganadería	Agricultura	Minería	Turismo	Comercio
Pablo Torres	X	X			
Reinel Méndez	X	X			
Isaías Cita	X	X			X

Fuente: (Autor, 2018)

Figura 12. Actividades económicas



Fuente: (Autor, 2018)

De acuerdo con los entrevistados, las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura, obteniendo ambas un 43%, seguido del comercio (14%), el cual se compone de tiendas, papelerías, entre otras. Debido a que la mayoría de las personas se dedican a trabajar en cultivos de flores, en otras partes del municipio, son muy pocas las que desarrollan actividades económicas diferentes a las anteriormente mencionadas dentro de la vereda.

- **Cobertura vegetal en el nacedero de la quebrada El Pinueñal**

Tabla 24. Cobertura vegetal que se encuentra en el nacedero de la quebrada El Pinueñal

Actor entrevistado	Musgo	Chusque	Eucalipto	Aliso	Espinos	Laurel	Helecho	Otros
Pablo Torres	X	X	X		X			X
Reinel Méndez	X		X	X	X			X
Isaías Cita	X	X	X			X	X	X

Fuente: (Autor, 2018)

Los tres entrevistados aseguraron que si conocen gran parte de la cobertura vegetal que se encuentra en el nacedero, principalmente las especies nativas de los bosques, como los son el chusque, el aliso y algunas especies de espinos y helechos; especies introducidas como el eucalipto. También manifiestan que la cobertura vegetal del nacedero se ha visto afectada por el desarrollo de actividades de ganadería.

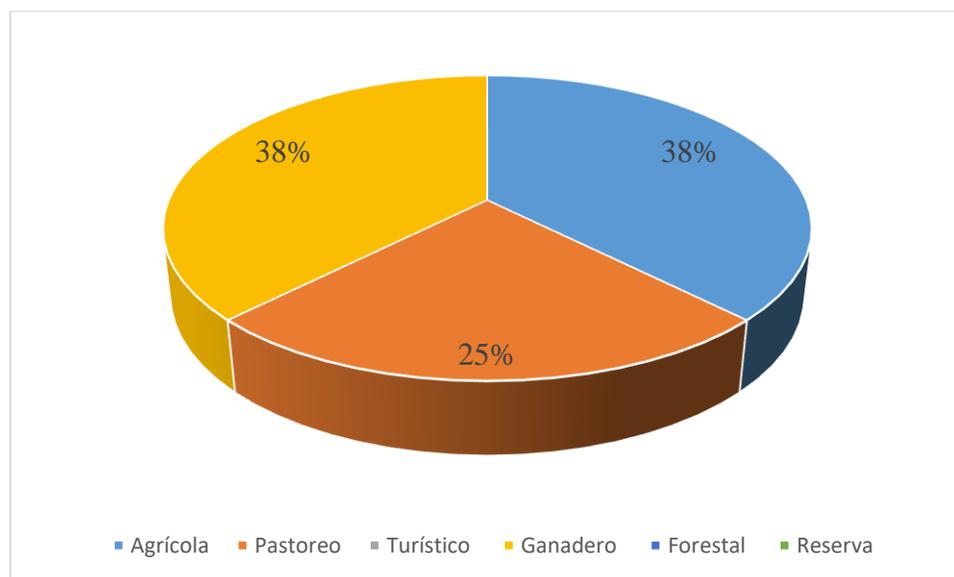
- **Vocación del suelo de la vereda**

Tabla 25. Vocación del suelo de la vereda Tenería

Actor entrevistado	Agrícola	Pastoreo	Turístico	Ganadero	Forestal	Reserva
Pablo Torres	X	X		X		
Reinel Méndez	X			X		
Isaías Cita	X	X		X		

Fuente: (Autor, 2018)

Figura 13. . Vocación del suelo de la vereda Tenería



Fuente: (Autor, 2018)

Los principales usos que se le dan al suelo de la vereda de Tenería son agrícola y ganadero; lo correspondiente al 38% de las respuestas de los entrevistados; aunque en una parte de la vereda se evidencia terrenos que solo tienen pastos, utilizados para la crianza de caballos. La información se complementó con un documento de la alcaldía del municipio, donde se identifica el tipo de suelo de la vereda como para uso Agropecuario, semi intensivo, y áreas de recreación turística. (Municipal, 2018)

- **Conocimiento sobre estudios de la calidad del agua en el punto de la bocatoma**

Tabla 26. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma

Actor entrevistado	Respuesta	
	Si	No
Pablo Torres	X	
Reinel Méndez	X	
Isaías Cita		X

Fuente: (Autor, 2018)

En general, los entrevistados saben que el cuerpo de agua ha sido muestreado y que existen registros de las características fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma, ya que dos de ellos participan en temas asociados a la gestión y el cuidado del recurso hídrico de la vereda. El señor Pablo Torres tomó unas muestras en el 2002 las cuales fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Distrital, para posteriormente entregar los resultados a la CAR; y el señor Reinel Méndez dijo que estudiantes de la Universidad Nacional han tomado y analizado varias muestras, pero éstas se encuentran en posesión del anterior presidente de la junta directiva de la asociación del acueducto de la vereda.

- **Conocimiento de casos clínicos asociados a la calidad del agua suministrada a la comunidad**

Tabla 27. Conocimiento de casos clínicos asociados a la calidad del agua suministrada a la comunidad

Actor entrevistado	Respuesta	
	Si	No
Pablo Torres		X
Reinel Méndez		X
Isaías Cita		X

Fuente: (Autor, 2018)

Ninguna de las personas entrevistadas tiene conocimiento de que en la comunidad se hayan presentado casos de enfermedades que puedan asociarse a la calidad del agua que les es suministrada, lo cual atribuyen a que la mayoría de las familias hierve el agua antes de consumirla como una forma de tratamiento casero para eliminar las impurezas que pueda contener.

- **Conocimiento sobre temporadas de sequía en el nacedero de la quebrada El Pinueñal**

Tabla 28. *Conocimiento sobre temporadas de sequía en el nacedero de la quebrada El Pinueñal*

Actor entrevistado	Si, con el paso del tiempo	Si, en épocas de sequia	No, nunca
Pablo Torres	X		
Reinel Méndez		X	
Isaías Cita	X		

Fuente: (Autor, 2018)

Según las respuestas que dieron los entrevistados, estos expresan que el nacedero nunca se ha secado, pero si ha disminuido su caudal con el paso del tiempo, aseguran que en épocas de sequía se reduce aún más el caudal y la única medida que aplican es reducir los horarios establecidos para tomar el recurso. Cada vivienda cuenta con un tanque en donde almacenan agua para varios días. La mayoría de estos tanques son plásticos, pero hay familias que poseen tanques en cemento.

- **Disponibilidad de agua a los usuarios**

Tabla 29. *Disponibilidad del recurso a los usuarios*

Actor entrevistado	Todos los días	Cada día de por medio	Cada 2 días
Pablo Torres		X	
Reinel Méndez		X	
Isaías Cita		X	

Fuente: (Autor, 2018)

El acueducto de la vereda de Tenería se divide en 2 sectores (A y B) y suministra el agua a 130 puntos de conexión. Cuando el agua se coloca para el sector A todo un día, para el sector B se corta el suministro. El siguiente día se coloca el agua para el sector B y el sector A queda sin agua. En épocas de sequía se maneja el mismo sistema solo que el horario de disponibilidad ya no es el día completo, sino de 7 de la mañana a 2 de la tarde.

- **Cantidad de agua suministrada a cada punto de conexión mensualmente**

Tabla 30. Cantidad de agua suministrada a cada punto de conexión mensualmente

Actor entrevistado	10 m³	15 m³	20 m³	más de 20 m³
Pablo Torres			X	
Reinel Méndez		X		
Isaías Cita		X		

Fuente: (Autor, 2018)

Actualmente cada punto de conexión tiene derecho a 15 m³ mensuales de agua. El señor Pablo Torres decía que hace 6 años, a cada punto de conexión se le suministraban hasta 30 m³, pero, debido a que se ha venido reduciendo el caudal, se ha visto la necesidad de disminuir la cantidad de agua mensual a cada punto de conexión.

- **Tarifa cobrada a los usuarios por prestación del servicio de acueducto**

De acuerdo con la entrevista que se realizó a las tres personas todos dijeron que el pago del servicio se realiza cada dos meses y la tarifa establecida es de \$6.500 por mes. Cuando los usuarios se pasan del metraje establecido se realiza un cobro adicional de \$2.000 por metro cubico de agua. Adicional se anexa un recibo de un usuario donde se pueden revisar diferentes especificaciones sobre la forma en la que se les factura el servicio. Ver Anexo 7.

- **Características organolépticas del agua que llega a las viviendas**

Tabla 31. Características del agua que llega a las viviendas

Actor entrevistado	Clara	Amarillenta	Turbia	Olorosa
Pablo Torres		X		X
Reinel Méndez			X	
Isaías Cita		X	X	

Fuente: (Autor, 2018)

Los entrevistados manifiestan que el agua que llega a las casas es un poco turbia y en épocas de lluvias llega amarillenta y olorosa. Dentro del pretratamiento que se realiza a la altura del tanque de almacenamiento, lo único que se hace es una sedimentación, que elimina un poco la carga de partículas suspendidas, así el agua queda más clara. Como se mencionó anteriormente, el agua que utilizan para la preparación de comidas la hierven con el fin de eliminar impurezas. Hay familias que prefieren comprar agua en bolsa para preparar los alimentos, como también hay casas que tienen filtros a la salida de la llave de la cocina.

- **Infraestructura y equipos que compone el acueducto veredal**

Tabla 32. Infraestructuras y equipos que componen el acueducto

Actor entrevistado	Tanques de almacenamiento	Red de distribución	Desarenadores	Medidores
Pablo Torres	X	X	X	X
Reinel Méndez	X	X		X
Isaías Cita	X	X	X	X

Fuente: (Autor, 2018)

El acueducto está compuesto por 2 tanques de almacenamiento, un sistema de desarenadores, una red madre con distribución a cada punto de conexión, y medidores de agua en cada entrada del punto de conexión.

- **Regularidad del lavado de los tanques de almacenamiento**

Tabla 33. Lavado de los tanques de almacenamiento

Actor entrevistado	Cada mes	Cada 2 meses	Más de 2 meses
Pablo Torres			X
Reinel Méndez			X
Isaías Cita			X

Fuente: (Autor, 2018)

El lavado de los tanques lo realizan cada dos meses y medio a tres meses, aunque en épocas de invierno lo tanques los lavan cada dos meses con el fin de evitar taponamientos en las tuberías.

- **Dimensiones de los tanques de almacenamiento**

Tabla 34. Dimensiones de los tanques de almacenamiento

Actor entrevistado	Primer tanque				Segundo tanque			
	largo (m)	ancho (m)	alto (m)	m ³	largo (m)	ancho (m)	alto (m)	m ³
Pablo Torres	3	2	1,2	7,2	3	4	2,5	30
Reinel Méndez	2	2	2	8	3	2	1,5	9
Isaías Cita	4	4	2	16	5	5	2.5	25

Fuente: (Autor, 2018)

A partir de las medidas estimadas que proporcionaron los entrevistados, se realizó una aproximación de las dimensiones y la capacidad de los tanques. El primer tanque, el cual se encuentra a unos pasos del nacedero, almacena aproximadamente 10 m³ de agua este tanque distribuye el agua para un sector de la población día por medio y suministra agua al segundo

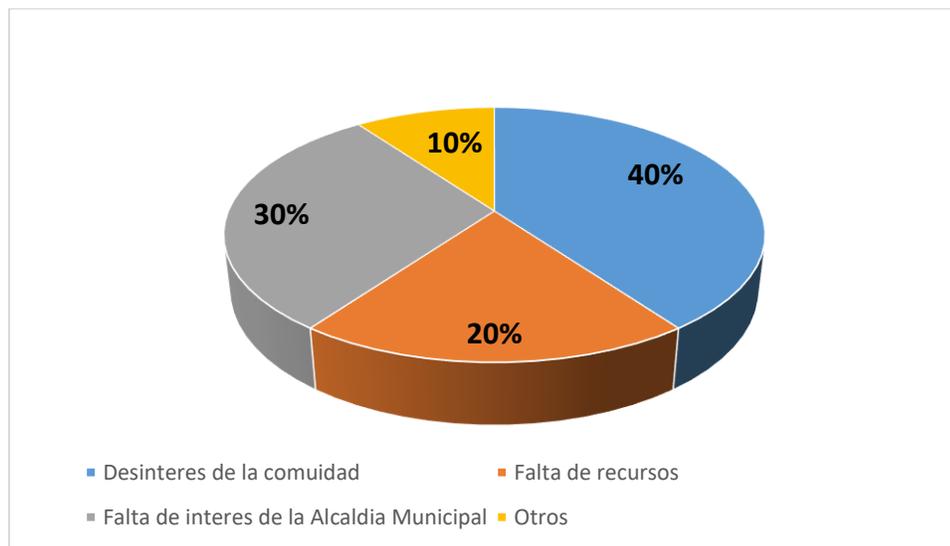
tanque, el cual almacena aproximadamente 30 m³ de agua y es el encargado suministrar agua día por medio para el otro sector de la vereda.

- **Material de las tuberías y los tanques de almacenamiento del acueducto**

Los materiales utilizados para la construcción de los tanques fueron varillas y concreto, y la tubería es de PVC de alta presión, pero hay sectores de la vereda en donde la distribución del agua se hace por medio de mangueras.

- **Principales problemáticas asociadas al desarrollo de proyectos de tratamiento del agua**

Figura 14. Principales problemáticas evidenciadas



Fuente: (Autor, 2018)

La principal problemática que se evidencia en el acueducto de la vereda Tenería es el desinterés de la comunidad por los temas administrativos del acueducto y la calidad del agua. Actualmente la junta directiva de la asociación del acueducto de la vereda Tenería presenta problemáticas administrativas debido al mal manejo que se ha venido realizando en los últimos seis años, y ha generado división entre los pocos que participan. La falta de interés de la alcaldía municipal y la falta de recursos son otros de los problemas que afectan indirectamente a la comunidad.

12.1.5 Estimación del caudal actual requerido por la población de la vereda Tenería

La siguiente información se obtuvo a partir de datos recopilados directamente de la alcaldía de Suesca. La dotación neta máxima del municipio se estima a partir de lo establecido en el RAS, ya que no se cuenta con información histórica precisa y confiable sobre los consumos de agua de los suscriptores del acueducto veredal, por lo que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 35. Dotación neta máxima por habitante según la altura 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: (Ministerio De Vivienda Ciudad Y Territorio, 2017)

Como la vereda Tenería se encuentra a una altura media de 2.720 m.s.n.m., se define una dotación neta máxima de 120 l/hab*día. Una vez se tiene la dotación neta máxima, es necesario calcular la dotación bruta, por medio de la siguiente fórmula:

El RAS establece que el porcentaje de pérdidas técnicas máximas engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema de tratamiento, el cual no debe ser superior al 25%. Aplicando la ecuación para la dotación bruta, se obtiene que la dotación bruta para la vereda es:

$$D_{bruta} = \frac{120 \frac{l}{hab * día}}{1 - 0,25} = 160 \frac{l}{hab * día}$$

11.1.5.1 Cálculo del Caudal Máximo Diario (Q.M.D) actual (2018) para la población de la vereda

Para el cálculo del Q.M.D de 2018 de la vereda, fue necesario conocer la población para el año 2018, información suministrada por la alcaldía del municipio con el ingeniero residente de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos, quien manifestó que la población es de 374 habitantes. Con el dato de población definido, se prosiguió a calcular el caudal medio diario para poder calcular el caudal máximo diario. El valor del caudal medio diario obtenido fue de:

$$q.m. d_{Actual} = 374 \text{ habitantes} \times 160 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} = 59.840 \frac{l}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ segundos}}$$
$$= 0,69 \frac{l}{s}$$

Por consiguiente, el valor del caudal máximo diario fue de:

$$Q.M.D_{Actual} = 1,3 * 0,69 \frac{l}{s} = 0,90 \frac{l}{s}$$

11.1.5.2 Cálculo de la tasa de Crecimiento

La tasa de crecimiento se determinó por medio del método geométrico, utilizando la siguiente fórmula:

$$\gamma = \sqrt[t]{\frac{P_{uc}}{P_{ci}}} - 1$$

Donde:

- γ : Tasa de crecimiento (%)
- P_{uc} : Población del último censo (número de habitantes)
- P_{ci} : Población censo inicial (número de habitantes)
- t : Intervalo de tiempo entre los dos censos (años)

Reemplazando los datos en la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$\gamma = \sqrt[7]{\frac{374_{\text{año 2018}}}{319_{\text{Año 2011}}}} - 1 = 1,02\%$$

11.1.5.3 Cálculo de la proyección a 2043

Con la tasa de crecimiento hallada anteriormente, se utiliza el método geométrico para determinar la población de diseño para el periodo de vida útil de una planta de tratamiento, según lo establecido en el RAS, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_f = P_i (1 + \gamma)^t$$

Donde:

- P_f : Población de diseño (habitantes)
- P_i : Población actual (habitantes)
- γ : Tasa de crecimiento (%)
- t : Periodo de diseño de 25 años, según lo establecido en el RAS (años)

Al reemplazar los datos en la ecuación se obtiene la siguiente población de diseño:

$$P_f = 374_{\text{Año 2018}} (1 + 0,0102)^{25_{\text{Años}}} = 482 \text{ habitantes}$$

Para determinar el caudal medio diario y el caudal máximo diario para el periodo de diseño, se utilizaron las ecuaciones correspondientes, las cuales fueron descritas anteriormente en anteriores apartados y dieron como resultado lo siguiente.

11.1.5.4 Caudal medio diario proyectado a 2043

$$\begin{aligned} q.m. d_{\text{Proyectado}} &= 482 \text{ habitantes} \times 160 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} \\ &= 77.120 \frac{l}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ segundos}} = 0,9 \frac{l}{s} \end{aligned}$$

11.1.5.5 Caudal máximo diario proyectado a 2043

$$Q.M. D_{\text{Proyectado}} = 1,3 * 0,9 \frac{l}{s} = 1,17 \frac{l}{s}$$

12.2 Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería

12.2.1 Identificación del tipo de tratamiento

Para la identificación del tratamiento más adecuado para la calidad hídrica del nacedero de la quebrada El Pinueñal, se construyó una matriz de doble entrada que consideró de una parte las tecnologías de tratamiento, y de otra las consideraciones socioeconómicas, ambientales y técnicas que cada una de ellas representa. Se evaluó la matriz de la Tabla 10 con dos habitantes de la comunidad y se obtuvo como resultado la siguiente tabla.

Tabla 36. Matriz evaluada para la identificación del tipo de tratamiento más adecuado

Tecnologías de Tratamiento	Componentes			Promedio
	Socio-Económico	Ambiental	Técnico	
Tratamiento Convencional	3	5	5	4,33
Filtración Directa	5	3	2	3,33
Tratamiento Compacto	1	4	4	3

Fuente: (Autor, 2018)

De acuerdo con la evaluación, el tratamiento que se escogió con los tres habitantes de la comunidad fue el convencional, debido a que se adapta mejor a las características de la zona y a las necesidades de la población. De igual forma, el funcionamiento será de carácter hidráulico, dadas las condiciones del terreno y el costo que este tipo de estructuras acarrearán.

12.2.2 Matriz de Cálculos para los Procesos Unitarios

Teniendo en cuenta que el proceso de potabilización escogido fue el convencional; a continuación, se presentan las matrices de cálculo realizadas para el dimensionamiento de los procesos unitarios que lo componen, es decir, la aireación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El caudal de diseño para la planta corresponde al caudal máximo diario que se obtuvo anteriormente, el cual es 1,17 L/s.

12.2.2.1 Aireación

Se decidió realizar el proceso de aireación por medio de una estructura de bandeja múltiple de 4 compartimientos. Dado que en estos sistemas la bandeja inferior tiene dimensiones diferentes a las bandejas superiores, se presentan dos tablas diferentes con los cálculos respectivos de dimensionamiento, así como un consolidado de los criterios de diseño de la estructura.

Tabla 37. Cálculos y criterios de diseño para la estructura de aireación de la bandeja múltiple

Estructura aireación bandeja múltiple						
Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Ecuación	Descripción	Resultado
Caudal	Q	1,17	L/s	N.A		1,17
		0,00117	m ³ /s			
		101,09	m ³ /d			
Carga hidráulica	CH	650,00	m ³ /m ² -d	Q/A	Según: Jairo Romero Rojas. Criterio 550-1800	
Área bandejas aireación	A	0,15552	m ²	Q/A	Según: Jairo Romero Rojas. Criterio 550-1800	0,1555
No. De bandejas de aireación	UN	4,00	Adimensional	N.A	Según: Jairo Romero Rojas. Criterio 550-1800	
Área bandeja superior	A		m ²	L*a		0,25
Lado de la bandeja	L	0,50	m			
Ancho de la bandeja	a	0,50	m			
Área total bandejas inferiores	A		m ²			0,09448

Área bandeja inferior	A		m ²	L*a		0,03
Lado de la bandeja	L	0,18	m			
Ancho de la bandeja	a	0,18	m			
Altura banderas	H	0,60	m			

Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 38. Cálculos y criterios de diseño para la bandeja superior

BANDEJA SUPERIOR							
Diámetro de orificios	Ø _o	5,00	mm	N.A		0,5	cm
Separación entre orificios	e _o	2,50	cm	N.A			
No. Orificios	UN	15,83	Adimensional	.			
No. Entero Orificios		16,00					
Ancho de la bandeja	L	0,50	m			45,5	cm
	L'						
Diámetro del orificio	Ø _o	0,50	cm	N.A			

Distancia lado de la bandeja	e_{ex}		mm			0,05	m
Área total de los orificios	A_t	50,27	cm ²	$A_o = \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) (N_o * \text{lado})$		0,005	m ²
Velocidad por la que viaja el agua en bandejas	V		m/s				
velocidad flujo bandeja superior	V_f	0,23	m/s	$v = \left(\frac{Q}{A}\right)$		0,23276356	
Altura de la lámina de agua BS	H	0,00	m	$H = \left(\frac{V_f^2}{2g}\right)$		0,0041068	

Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 39. Cálculos y criterios de diseño para la bandeja inferior

BANDEJA INFERIOR							
Diámetro del orificio	\emptyset_o	5,00	mm	N.A		0,5	cm
Separación entre orificios	e_o	2,50	cm	N.A			
No orificios	UN	20,83	Adimensional				
Ancho de la bandeja	L	65,00	cm				
		0,65	m				
Diámetro del orificio	\emptyset_o	0,50	cm	N.A			
No orificios	UN	21	Adimensional				
Distancia lado de la bandeja	e_{ex}		cm	L-L'			
Área total de orificios	At	86,59	cm ²			0,0087	m ²
Velocidad por la que viaja el agua en bandejas	V		m/s				

velocidad flujo bandeja superior	Vf	0,14	m/s	$v = \left(\frac{Q}{A}\right)$	0,14	
Altura de la lámina de agua BS	H	0,00	m	$H = \left(\frac{Vf^2}{2g}\right)$	0,00	

Fuente: (Autor, 2018)

12.2.2.2 Coagulación

La coagulación para la planta de tratamiento en cuestión se diseñó como una estructura de vertedero, y la siguiente tabla muestra los criterios de diseño y las dimensiones obtenidas para este proceso unitario.

Tabla 40. Cálculos y criterios de diseño para el coagulador hidráulico de vertedero

Coagulador hidráulico de vertedero					
Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Ecuación	Resultado
Caudal de diseño	Q	1,17	L/S		1,17
		0,0012	m ³ /s		
Ancho del canal	B	0,5	m		0,5
Temperatura	T	15	° C		
Caudal unitario	q		m ² /s	q=Q/B	0,0023
Gravedad	g	9,8	m/s ²		
Profundidad crítica	hc		m	$hc = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$	0,008
Altura del vertedero	P	0,3	m		

Profundidad antes del resalto	$h1$			$h1 = \frac{hc * \sqrt{2}}{1,06 + (\sqrt{P/hc + 1,5})}$	0,002
Velocidad antes del resalto	$V1$		m/s	$V1 = \frac{q}{h1}$	1,45
Número de Froude	NF		N.A.	$NF = \frac{v1}{\sqrt{g * h1}}$	11,531
Profundidad después del resalto	$h2$		m	$h2 = \frac{h1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * NF^2} - 1)$	0,026
Velocidad después del resalto	$V2$		m/s	$V2 = \frac{q}{h2}$	0,046
longitud después del resalto	Lj		m	$Lj = 6 * (h2 - h1)$	0,14
Longitud antes del resalto	Lm		m	$Lm = 4,3 * P^{0,1} * hc^{0,9}$	0,05
Velocidad media en el resalto	Vm		m/s	$Vm = \frac{v1 + v2}{2}$	0,75
Tiempo de mezcla	Tm		s	$Tm = \frac{Lj}{Vm}$	0,192
Peso específico del agua	γ	98000	N/m ³		
Viscosidad dinámica	μ	1,139	N/m ³		

Gradiente de velocidad	G		s^{-1}	$G = \sqrt{\frac{\gamma h}{\mu t}}$	107,0
Cabeza hidráulica	H		m		0,0457

Fuente: (Autor, 2018)

12.2.2.3 Floculación

Para el proceso de floculación se determinó utilizar un floculador de flujo horizontal, el cual presenta los criterios de diseño y sus respectivas dimensiones en la siguiente tabla.

Tabla 41. Cálculos y criterios de diseño para el floculador de flujo horizontal

Floculador de flujo horizontal						
Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Ecuación	Descripción	Resultado
Caudal de diseño	Q	1,17	L/S			1,17
		0,0012	m ³ /s			
Velocidad de entrada	v	0,2				
Tiempo de retención	θ	20	min			
	θ	1200	s			
Largo del tabique	Lp	2,4	m			
Altura del tabique	hp	1,2	m			
Espesor del tabique	Esp	0,006	m			
Capacidad del tanque	V		m ³	$V = Q * \theta$		1,40

Longitud del recorrido del agua	L		m	$L = v * Q$		240
Área transversal entre tabiques	a_T		m ²	$a_T = \frac{Q}{v}$		0,006
Altura lámina de agua	h_{La}		m	$h_{La} = h_p - 0,10 \text{ m}$		1,1
separación extremo del tanque y la placa	S		m	$S = \frac{a_T}{h_L}$	Como $S < 0,90 \text{ m}$, $S = 0,10 \text{ m}$	0,005
	E					Los valores de E se toman entre 1 y 1,5
separación extremo del tanque y la placa	M			$M = E * S$		0,1
Número de tabiques	N			$N = N' - 1$		95
	N'			$N' = \frac{L}{\text{Ancho del canal principal}}$		96
Ancho del canal			m	$\text{Ancho del canal} = L_{placa} + M$		2,5
Longitud del canal	Lc		m	$Lc = (N * Esp) + (N - 1) * S$		9,97

Pérdidas por fricción	h_f		m	$hf = \frac{n * v^2}{R^3} * L$		0,87
Coefficiente de rugosidad	n	0,0015			Coefficiente de rugosidad en función del material (plástico)	
Radio Hidráulico	R		m	$R = \frac{a_T}{Pm}$		0,00
Perímetro mojado	Pm		m	$Pm = (Lp * h_{La}) + M$		2,74
Pérdidas por curvas	h_{fc}		m	$h_{fc} = \frac{3 * v^2}{2 * g} * N$		0,58
Gravedad	g	9,81	m/s ²			
Pérdidas totales	h_{fT}		m	$h_{fT} = h_f + h_{fc}$		1,45
Gradiente de velocidad	G		s ⁻¹			102,88
Viscosidad dinámica	μ	0,000114	Kg*F*m/s ²			
Densidad del agua	γ	998,97	kg*F/m ³			
Borde libre	Bl	0,2	m			
Altura del sedimentador	At	2,85	m			

Fuente: (Autor, 2018)

12.2.2.4 Sedimentación

Se definió realizar la sedimentación por medio de un tanque de sedimentación hidráulico, cuyos criterios de diseño y dimensiones están expresadas en la siguiente tabla.

Tabla 42. Cálculos y criterios de diseño para el sedimentador hidráulico

Tanque de Sedimentación Hidráulico						
Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Ecuación	Descripción	Resultado
Caudal de diseño	Q	1,17	L/S			1,17
		0,0012	m ³ /s			
T del agua		16	° C			16
Largo del tabique	Lp	2,4	m			
		240	cm			
Altura del tabique	hp	1,2	m			
		120	cm			
Espesor del tabique	Esp	0,006	m			
Velocidad de sedimentación crítica	V _{sc}	40	m ³ /m ² -d			
		0,046	cm/s			
N° de módulos	N°m	2				
Inclinación de placas	θ	60	°			
SENO(60)	-	0,87				
COS(60)	-	0,5				

Velocidad a través de las placas	V_o		cm/s			0,4
			m/s			$V_o = \frac{V_{sc}(Sen\theta + L * Cos\theta)}{1 + \frac{0,058 e * V_{sc} * Cos\theta}{\mu}}$
Viscosidad cinemática	μ	0,01117	cm ³ /s			
Relación entre separación entre placas	L			$L = \frac{L_p}{e}$		24
Separación de placas	e	5	cm			
		0,05	m			
N° de placas por línea de flujo	N			$N = \frac{Q}{l * V_o * e}$		5
					Se aproxima al menor par	24
N° de placas por modulo						12
Longitud del sedimentador por placas	L			$L = l * cos\theta + \frac{(N * e) + (N + 1) * Esp}{sin\theta}$		1,38
Ancho del sedimentador	a		m			4,9
Fondo del sedimentador	h _{fs}		m	$h_{fs} = \frac{80 * Q}{a}$		0,02

Fuente: (Autor, 2018)

12.2.2.5 Filtración

Se realizara una filtración lenta descendente a partir de un filtro cilíndrico el cual tiene como finalidad retener partículas que no se pudieron remover en los procesos anteriores. A continuación se muestra la matriz de cálculo para este proceso.

<i>Variable</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>	<i>Ecuación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Resultado</i>
Caudal de diseño	Q	1,17	L/S			
		0,0012	m ³ /s			
		101,1	m ³ /d			
N° Filtros	N			$N = 0,044\sqrt{Q}$	Según: Jairo Romero Rojas. Criterio: 550-1800	1
Tasa de Filtración		12	m/d		Según: Jairo Romero Rojas. Criterio: 550-1800	
Área del Filtro	A		m ²	$A = \frac{Q}{Tasa\ de\ Filtración}$		8,4
Dímetro del Filtro	D		m	$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$		3,3
Altura del sobre nadante de agua		Entre 0,6 - 1,5	m			0,9
Arena		Entre 0,6 - 1	m			0,8
Grava		0,3 - 0,45	m			0,3
Altura del tanque			m			2

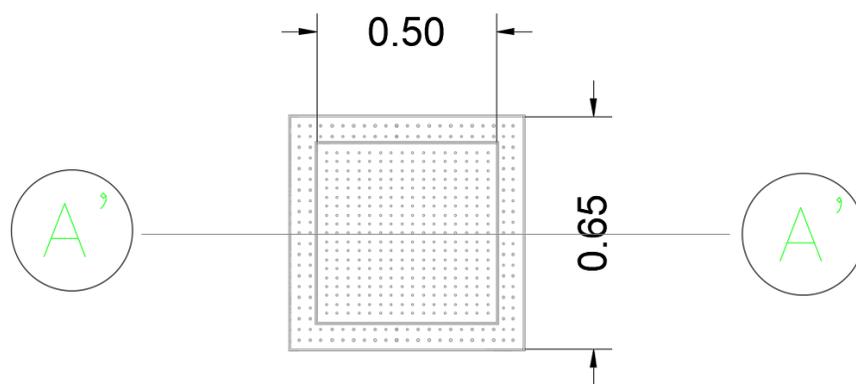
12.2.2.6 *Desinfección*

De acuerdo a la resolución 0330 de 2017, es de total obligatoriedad realizar el proceso de desinfección. Se debe implementar un tanque de almacenamiento previo a la distribución donde se realice el proceso de dosificación ya sea de hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o dióxido de cloro, en el cual se debe proporcionar un tiempo mínimo de contacto de 20 minutos para garantizar que el agua quede desinfectada y así poder ser suministrada a la comunidad. (Ministerio De Vivienda Ciudad Y Territorio, 2017).

12.2.3 Esquemas del proceso de tratamiento

12.2.3.1 Sistema de aireador de bandejas múltiples

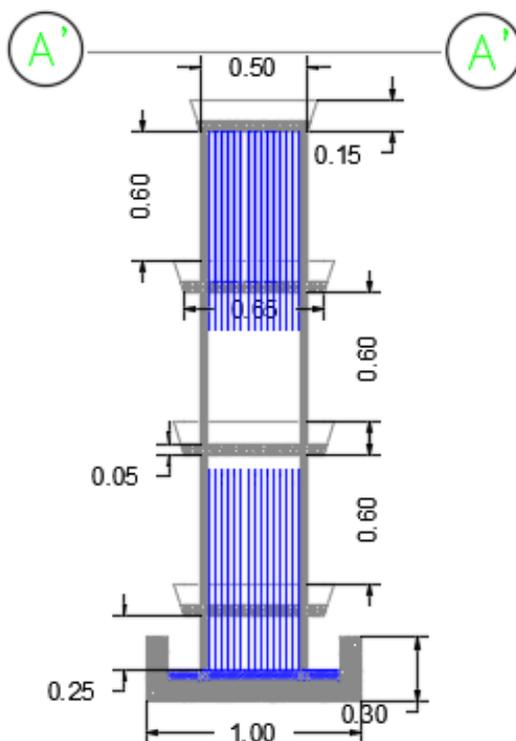
Figura 15. Sistema de aireador vista en planta



EsoaRc

Fuente: (Autor, 20118)

Figura 16. Sistema de aireador vista en corte A'-A'



Fuente: (Autor, 2018)

12.2.3.2 **Sistema de Coagulación hidráulica**

Figura 17. Coagulación hidráulica vista en planta

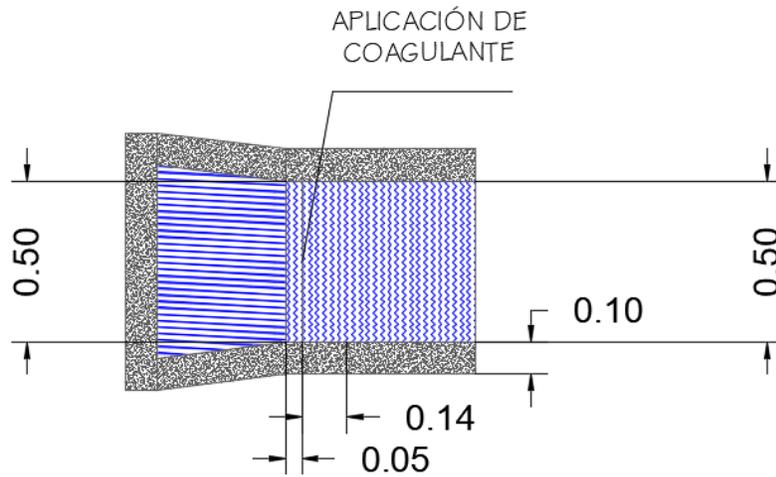


Figura 18. Coagulación hidráulica vista lateral

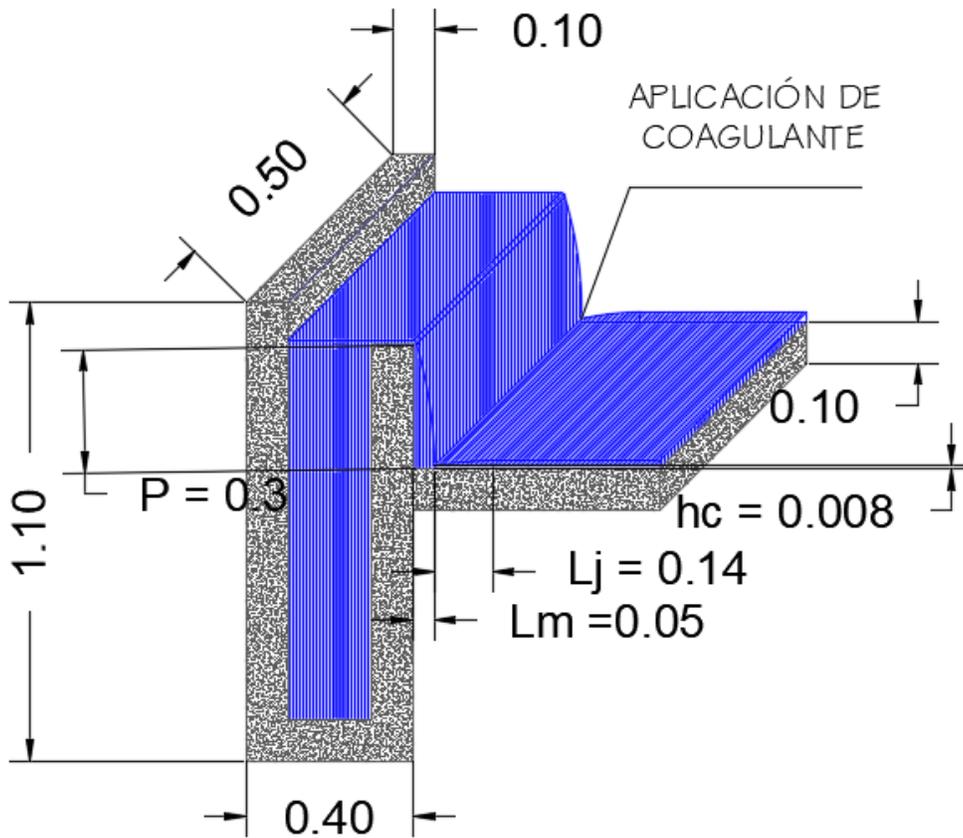
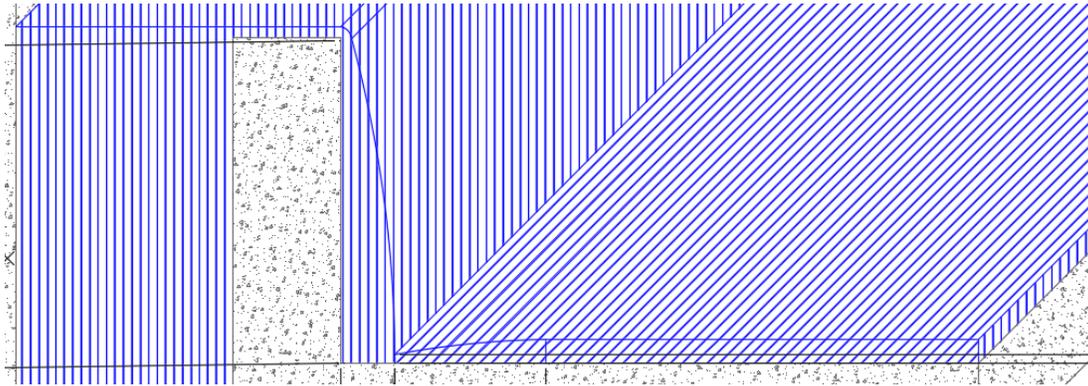
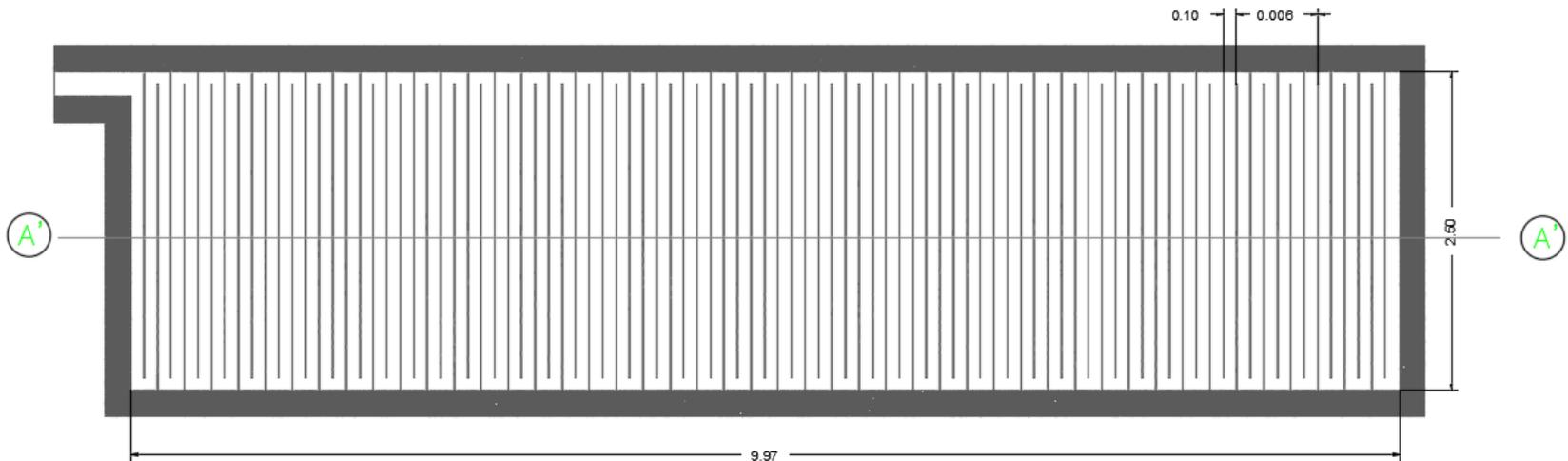


Figura 19. Detalle: Sistema de coagulación del resalto hidráulico



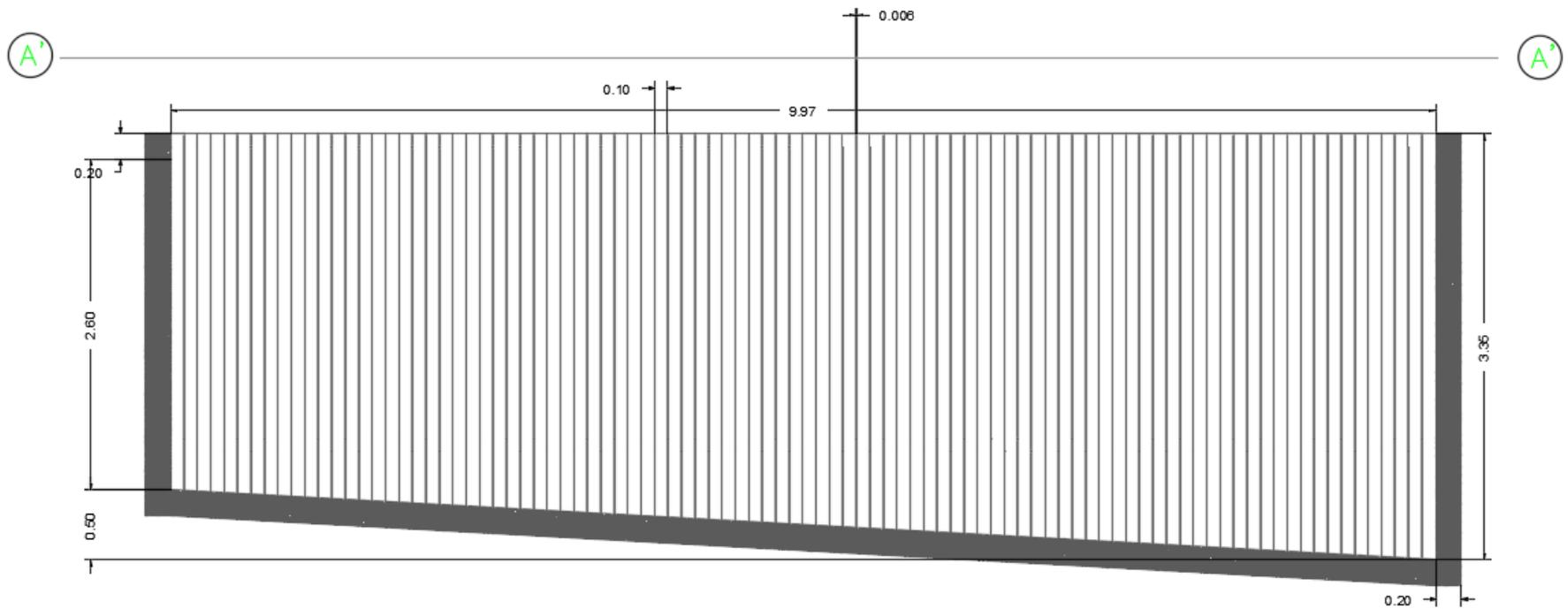
12.2.3.3 Sistema de floculación hidráulica flujo horizontal

Figura 20. Floculador hidráulico vista en planta



Fuente: (Autor, 2018)

Figura 21. Floculador hidráulico vista en corte A'-A'



Fuente: (Autor, 2018)

12.2.3.4 ***Sistema de sedimentación hidráulica***

Figura 22. Sedimentador hidráulico vista en planta

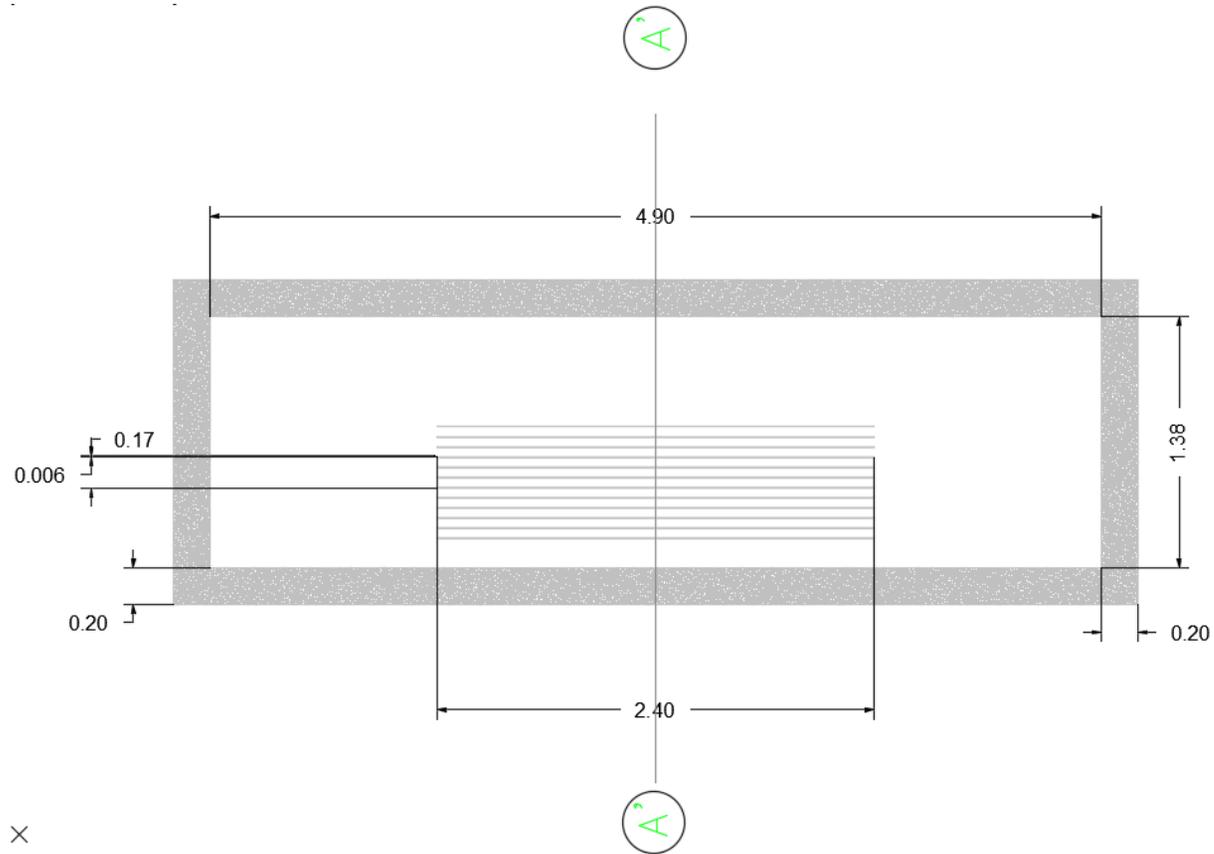
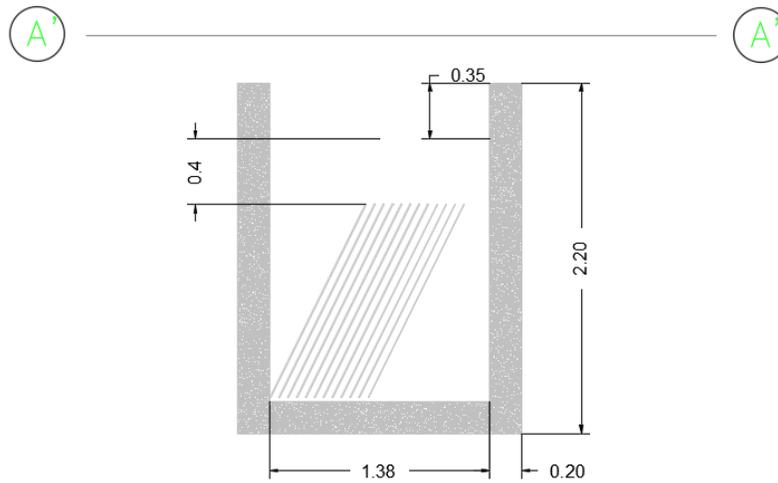


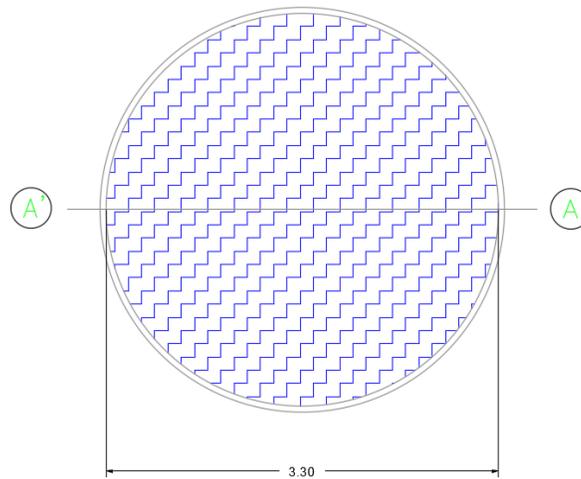
Figura 23. Sedimentación hidráulica vista en corte A'-A'



Fuente: (Autor, 2018)

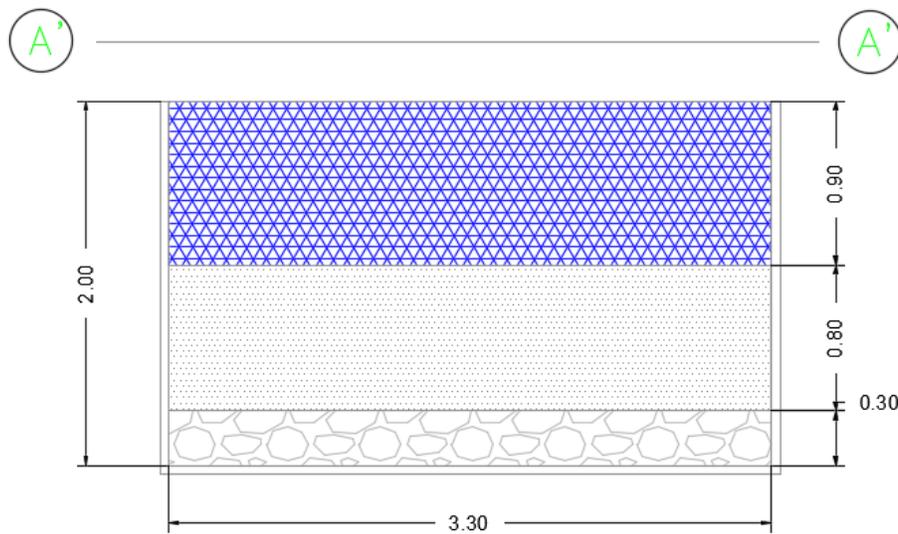
12.2.3.5 Sistema de filtración

Figura 24. Filtro vista en planta



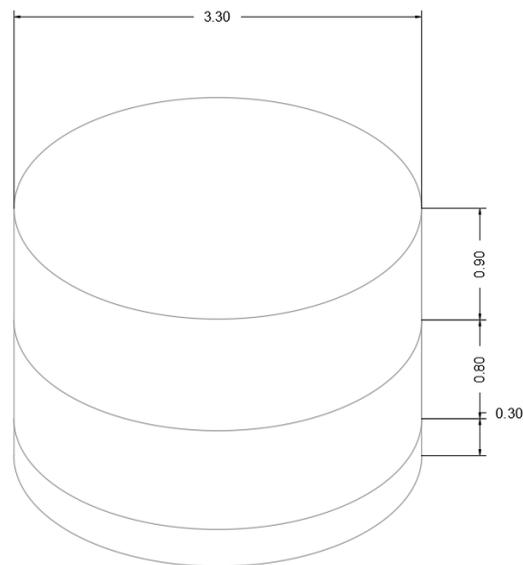
Fuente: (Autor, 2018)

Figura 25. Filtro vista en corte A'-A'



Fuente: (Autor, 2018)

Figura 26. Filtro vista lateral



Fuente: (Autor, 2018)

12.2.4 Matriz de costos de acuerdo con el tipo de tratamiento escogido

Para la identificación de los costos de construcción de procesos unitarios y los costos por operación y mantenimiento por año, se aplicó los cálculos que se encuentran en la Tabla 12, dado que las fórmulas presentan las respectivas inversiones en dólares, fue necesario realizar el cambio a pesos colombianos utilizando un valor promedio de la tasa de cambio promedio del mes de septiembre del presente año. Fuente (Autor, 2018)

Anexo 10). Los costos en pesos colombianos son los que se muestran al final de la tabla.

Tabla 43. Matriz de costos del tratamiento convencional para la vereda Tenería

Proceso	Costo de construcción de procesos unitarios	Costo de operación y mantenimiento / Año
Aireación	\$ 1.156,91	\$ 161,05
Mezcla rápida y floculación	\$ 12.396,80	\$ 1.067,37
Sedimentación	\$ 36.967,47	\$ 1.285,29
Filtración por gravedad	\$ 70.894,93	\$ 2.949,76
Cloración	\$ 16.031,62	\$ 4.840,96
Total en dólares estadounidenses	\$ 137.447,73	\$ 10.304,43
Total en pesos Colombianos	\$ 417.538.702,68	\$ 31.302.792,07

Fuente: (Autor, 2018)

12.3 Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.

Dado que el proyecto contempla la perspectiva social dentro del desarrollo de cada una de sus fases, se ha tenido en cuenta la opinión de la comunidad siempre que fue necesario. Dado que no fue posible contar con la participación esperada por cuestiones asociadas a la unidad que existe dentro de la misma comunidad, si se logró trabajar con algunos actores clave que han trabajado el tema asociado al recurso hídrico y el acueducto dentro de la vereda, que aportaron conocimientos que fueron de gran importancia para el proyecto. Con estos actores se realizaron las entrevistas, las visitas de campo que se presentaron anteriormente, y la socialización formal del documento, como lo muestra la siguiente tabla que expone el registro y las respectivas evidencias de las actividades conjuntas que se realizaron.

Tabla 44. Registro de información desde el inicio del proyecto hasta su culminación

Actividad realizada	Nombre	Cargo	Fecha	Anexo
Recolección de información del acueducto	Jenny Turriago	Presidenta	10/08/2018	Anexo 11
Obtención de muestras	Humberto Ramos	Anterior Presidente	20/08/2018	Anexo 12
Obtención de información del acueducto	Pablo Torres	Fundador del Acueducto	21/08/2018	Anexo 14
Visita al nacedero	Julián Uribe	Fontanero	23/08/2018	Anexo 4
Identificación de las estructuras del acueducto			25/08/2018	Anexo 4 Anexo 5 Anexo 13
Realización de entrevista	Pablo Torres	Fundador del Acueducto	12/09/2018	Anexo 1
	Reinel Méndez	Tesorero	17/09/2018	Anexo 2
	Isaías Cita	Habitante		Anexo 3
Identificación del tipo de tratamiento más adecuado	Pablo Torres	Fundador del Acueducto	24/09/2018	Anexo 8
	Isaías Cita	Habitante		Anexo 9
Medición de las tuberías	Julián Uribe	Fontanero	03/10/2018	Anexo 13
Socialización del Proyecto	Jenny Turriago	Presidenta	09/10/2018	Anexo 15
	Pablo Torres	Fundador		
	Reinel Méndez	Tesorero		
	Gilberto Zambrano	Secretario		
	Armando Penagos	Vicepresidente		

Fuente: (Autor, 2018)

13 Análisis

13.1 Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio

13.1.1 Resultados de la calidad del agua de la quebrada El Pinueñal

De acuerdo con los resultados de laboratorio de las muestras de agua del sitio de estudio en comparación con la normatividad vigente, se encuentra que el agua que se le suministra a la comunidad sobrepasa los límites máximos permisibles que establece la resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En cuanto a las características físicas, la turbiedad y el color verdadero son los únicos parámetros que sobrepasan el valor máximo permisible establecidos en la norma por un valor de 37,1 UNT y 3 UPC respectivamente. Con respecto a las características microbiológicas analizadas en la muestra de agua, se encontraron coliformes totales con un valor de 26 NMP/100 ml y la norma establece que el valor máximo permisible debe ser <2,2 NMP/ 100 ml; de igual forma, se encontró E. Coli con un valor de 21 NMP/ 100 ml y la normatividad establece que no debe de existir este contaminante ya que, según la resolución 2115 de 2007, un bacilo de aerobio Gram Negativo y es un indicador preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Teniendo en cuenta estos resultados, se plantearon las respectivas posibilidades de tratamiento que se le pueden realizar al agua para eliminar los contaminantes anteriormente mencionados.

13.1.2 Entrevistas

Al realizar las entrevistas a los tres actores de la vereda se pudo identificar que el principal problema que se está presentado que afecta la situación de la calidad del agua de la vereda es que la comunidad y la alcaldía del municipio no se ha apropiado del problema. Como tal, la mayoría de la población no conoce ni le interesa el proceso que se le está haciendo al agua actualmente y desconocen el tipo de estructuras que se encuentran en el nacedero. Según los entrevistados, la comunidad debe reunirse para hacerle un lavado cada dos meses a los tanques de almacenamiento, pero últimamente esto no se ha estado cumpliendo ya las personas ni siquiera van a las respectivas reuniones que se realizan en torno a estas temáticas. Otro problema que se logró evidenciar es que la tarifa por la prestación del servicio es muy baja y permite que no se cuente con un ahorro para obtener un mejor tratamiento. Los entrevistados manifestaron que utilizan métodos de tratamientos en las casas para poder dejar el agua más clara y en otros casos prefieren comprar galones de agua para la cocción de los alimentos.

13.1.3 Zonificación ambiental del sitio de captación del agua

Se encontraron construcciones rurales nucleadas y dispersas, asociadas a las viviendas y locales en la vereda, sin embargo existen distancias considerables que separan dichas construcciones. La gran mayoría del terreno de la vereda corresponde a pastizales de origen natural, que, según la tabla de clasificación del sistema CIAF, pueden ser de origen herbáceos y arbustivos. Cabe aclarar que dentro de estos pastizales naturales se desarrollan actividades de crianza de animales y cultivos de subsistencia, sin embargo, por la escala en la que se presenta la información en la cartografía de salida, se generalizó ya que el tamaño de los polígonos correspondientes a la Clase 2 ‘Cultivos y parcelas’ no era representativo. La cobertura de bosques identificada es de origen natural, con una mezcla de las tres categorías que presenta la tabla, correspondiente a relictos de bosque nativo con especies introducidas en programas previos de reforestación por parte de las autoridades ambientales. Los cuerpos de agua evidenciados son la quebrada El Pinueñal, de la cual se toma el suministro de agua, así como reservorios artificiales que fueron construidos dentro de los terrenos de algunas propiedades. Finalmente, se encuentran zonas de erosión producto de procesos naturales e inducidos, por el establecimiento de canteras y minas para la extracción de diversos materiales.

13.2 Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería

De acuerdo con los parámetros de calidad del agua identificados que exceden los valores máximos permisibles de la norma, se determinaron diferentes tipos de tecnologías apropiadas para su remoción, de acuerdo con el RAS. Por medio de un proceso participativo con algunos actores de la comunidad, se escogió el tratamiento convencional, teniendo en cuenta que es un tratamiento económico, comparado con las demás tecnologías y, desde el aspecto técnico, es suficiente para mejorar la calidad del agua que actualmente se le suministra a la comunidad de la vereda. Se realizaron los diferentes cálculos de los parámetros de diseño para cada proceso unitario, para luego presentar los esquemas con las respectivas estructuras y dimensiones.

Cabe resaltar que, dado que el presente trabajo apunta al pre-diseño conceptual de ingeniería para la potabilización del agua de la vereda Tenería, únicamente se presenta el dimensionamiento y la esquematización de los procesos unitarios, dejando así por fuera el cálculo para el diseño de las estructuras de conexión de cada proceso, como lo son las tuberías; además, para el proceso de desinfección, únicamente se realiza una descripción de cómo funciona el proceso, más no se diseñan estructuras de dosificación de ningún tipo. La estimación del costo de las unidades de tratamiento se realizó a partir de una serie de ecuaciones presentadas en el libro ‘Purificación del Agua’ de Jairo Alberto Romero Rojas, para lo cual se obtuvo que el costo total para la construcción de las unidades de tratamiento fue de \$ 417.538.702,68, mientras que los costos de operación anuales corresponden a \$ 31.302.792,07.

13.3 Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.

El ejercicio de participación continua con la comunidad durante el desarrollo de este proyecto permitió establecer un diálogo directo en ambos sentidos, ya que, gracias a la información y a los aportes que fueron brindados, se logró estructurar la mayoría del documento, y algunos actores vieron la oportunidad de manifestar sus inconformidades sobre las dinámicas dentro de la comunidad. Además de lograr identificar una situación asociada al foco del proyecto, como lo es la calidad del agua que está siendo abastecida y una propuesta que puede aportar a una solución futura, se evidenció un trasfondo más complejo asociado a una problemática que se manifiesta en gran parte del país y que es el origen de muchos problemas que afronta Colombia como sociedad.

Por un lado, la comunidad de la vereda Tenería manifiesta que el problema principal a la hora del desarrollo de proyectos en la zona es que no existe apoyo por parte de la alcaldía municipal a las iniciativas que son planteadas por la Junta Veredal, por lo que diferentes proyectos son planteados, incluso por los candidatos a la alcaldía a lo largo de los años, no logran materializarse. También manifiestan que un factor que contribuye es la falta de participación de los habitantes de la vereda, debido a que, por la forma dispersa en la que se distribuyen la mayoría de los hogares, se desentienden de su realidad como comunidad y toman medidas independientes para atenuar problemas que puedan presentar.

Del aspecto anteriormente mencionado, se genera otra situación la cual es que algunas personas que llegan a la Junta Veredal o a la Junta Directiva del acueducto veredal no manifiestan proactividad por cumplir las funciones de su rol, lo que ha generado problemas a la hora de actualizar los papeles que exigen las diferentes autoridades, como lo fue el caso de la concesión de aguas; fue otorgado en el año 1990, y no ha sido actualizado, permitiendo la captación de un caudal exagerado del nacedero de la quebrada El Pinueñal, si se compara con el caudal actual calculado que requiere la vereda, 28 años después.

14 Conclusiones

14.1 Objetivo específico 1: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio

De acuerdo con la información obtenida en esta fase de diagnóstico, se puede establecer que el nacedero de la quebrada El Pinueñal ha venido disminuyendo su caudal con el paso del tiempo, por lo que la comunidad se ha visto en la necesidad de suspender el servicio de agua en determinados horarios. De acuerdo con la concesión de aguas otorgada en el año 1990 el caudal que se otorgó fue de 0,55 l/s; al comparar este valor con el caudal actual que requiere la vereda (0,9 l/s), se puede decir que la cantidad otorgada para el año 1990 fue considerablemente alta, y puede ser un factor que contribuyó al detrimento del cuerpo hídrico. El caudal que requiere la planta al 2043, año proyectado de la vida útil de la planta de tratamiento, es de 1,17 l/s. De acuerdo con este cálculo, es necesario realizar un aforo para determinar cuál es el caudal actual del nacimiento de la quebrada El Pinueñal como punto de captación del agua, y, de esta manera, determinar si el nacedero puede abastecer la cantidad de agua necesaria para el funcionamiento de la planta dentro de su periodo de vida útil.

Se lograron identificar dos razones principales por las cuales no se han estructurado proyectos asociados al mejoramiento de la calidad del agua en la vereda Tenería: la primera corresponde a que, como cada familia cuenta con una extensión de terreno propio relativamente aislado, que, como se pudo evidenciar en la imagen de la zonificación, obedece a un ordenamiento de asentamientos dispersos de la población, las relaciones de vecindad y de participación en temas comunitarios son mínimas; la segunda razón es que el interés de las familias yace en que exista un suministro de agua que llegue a sus hogares, sin tener en cuenta la calidad del mismo, por lo que les ha resultado intrascendente que el agua que es suministrada a la vereda esté en condiciones aptas para consumo. Otra situación que se ha presentado es que han existido problemas a nivel administrativo en la Junta Directiva de la Asociación de Acueducto de la vereda, por lo que no ha existido rigurosidad en las pocas iniciativas que han surgido en torno a la calidad del agua de la vereda.

14.2 Objetivo específico 2: Identificar el diseño más adecuado de una PTAP, de acuerdo con la normativa (RAS 2017) y a la información primaria y secundaria obtenida del diagnóstico socio-ambiental para la vereda de Tenería

Al analizar los tipos de tratamientos que se pueden implementar para la potabilización del agua, dados los resultados de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que presenta el agua en el punto de captación, se pudo concluir que el tratamiento convencional es el más adecuado en términos económicos y suficientes en términos técnicos. Aunque se pudiera realizar otro tipo de tratamiento como una filtración avanzada, la cual presenta una mayor eficiencia de remoción de los contaminantes encontrados, representa una inversión considerable para una zona que presenta recursos económicos muy limitados.

14.3 Objetivo 3: Establecer una matriz de seguimiento del proyecto por parte de la comunidad, de acuerdo con las visitas realizadas.

Si bien no fue posible trabajar con una cantidad considerable de personas de la comunidad de la vereda Tenería, como se tenía pensado, se logró contactar con actores clave que han trabajado temas íntimamente relacionados con el eje temático del proyecto, así como con integrantes de la Junta Veredal y la Junta de la Asociación de Acueducto. El desarrollo de este proyecto surgió como una oportunidad para reconectar a la comunidad al motivar los actores anteriormente mencionados a participar en las diferentes etapas de desarrollo de este.

Durante la socialización final del proyecto, se hizo una descripción general de la manera en la cual se desarrolló, se presentó el diagnóstico social y ambiental, el tipo de tratamiento escogido con algunas personas de la comunidad, y sus respectivos cálculos y diseños, además de la estimación del valor de construcción, mantenimiento y operación anuales; todo esto en un documento que quedó en manos de la actual presidenta de la Junta Directiva de la Asociación de Acueducto de la vereda, del cual se espera que sirva de aporte a futuros proyectos que apunten al mejoramiento de la calidad del agua que se le suministra a la comunidad.

15 Recomendaciones

Se recomienda a la comunidad generar actividades donde se promueva la participación, ya que el escaso interés que presentan la mayoría integrantes de la misma contribuye a que no se generen ni apoyen iniciativas que permitan el mejoramiento de su calidad de vida.

Por otro lado, se recomienda a la Junta Directiva de la Asociación del acueducto que haga los trámites pertinentes para la legalización y actualización de la documentación del acueducto, asociado a un estudio para realizar un aforo de caudales para determinar si el nacedero de la quebrada El Pinueñal puede satisfacer la demanda estimada.

Es necesario que la comunidad comience a buscar un nuevo punto de captación de agua ya que, en caso de realizar la implementación de la planta, el nacedero el Pinueñal no tendrá el caudal necesario para abastecer la planta. Por esta razón, la comunidad tendrá que rediseñar el acueducto con el fin de incluir la nueva fuente de almacenamiento a la red.

Es de gran importancia que la junta de acción comunal, junto con un ingeniero del pueblo, realicen una inspección a la zona perimetral del nacedero, ya que cerca de la fuente hídrica se encuentran varias viviendas, las cuales no cuentan con un alcantarillado adecuado y utilizan otra serie de técnicas como los pozos sépticos para manejar las aguas servidas. Estas aguas pueden estar llegando al nacedero y estar alterando la calidad del recurso.

También es necesario que la comunidad realice peticiones a la alcaldía municipal para exigir apoyo económico para la ejecución de los proyectos que actualmente requiere la vereda, así como la asignación de un presupuesto para la construcción de una planta de potabilización de agua para la vereda.

Los costos que se presentaron en este documento fueron realizados a partir de una serie de ecuaciones, las cuales aparecen en varias publicaciones de Jairo Romero Rojas. Para tener un valor más acertado, es recomendable realizar una matriz de costos donde se pueda determinar exactamente el valor de la planta, el valor de operación y mantenimiento por año.

16 Bibliografía

- Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC. (Marzo de 2011). *PLAN DE COMPETITIVIDAD DE LA PROVINCIA DE ALMEIDAS*. Obtenido de <file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS/Downloads/Planes%20de%20competitividad%20de%20Almeidas.pdf>
- ACUATECNICA S.A.S. (15 de Enero de 2018). *CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CONVENCIONALES*. Obtenido de <http://acuatecnica.com/caracteristicas-las-plantas-tratamiento-agua-potable-convencionales/>
- ACUATECNICA S.A.S. (06 de Mayo de 2016). *Características de una planta de tratamiento de agua*. Obtenido de <http://acuatecnica.com/caracteristicas-una-planta-compacta-tratamiento-agua/>
- Alcaldía de Suesca. (2018). *Habitantes vereda Tenería*.
- Alcaldía Municipal de Suesca Cundinamarca. (13 de Enero de 2018). *Geografía*. Obtenido de <http://www.suesca-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Banco de la República. (3 de Octubre de 2018). *Cotización del dólar*. Obtenido de http://obieebr.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Go&Action=prompt&path=%2Fshared%2FSeries%20Estad%3%ADsticas_T%2F1.%20Tasa%20de%20Cambio%20Peso%20Colombiano%2F1.3%20Cotizaci%3%B3n%20hist%3%B3rica%20del%20d%3%B3lar%20%20Disponible%20desde%20enero%20de%2
- Bolívar, J. H. (2005). *DIAGNOSTICO Y OPTIMIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL*. Obtenido de <http://docplayer.es/29172949-Diagnostico-y-optimizacion-de-la-planta-de-tratamiento-de-agua-potable-municipio-de-puente-nacional-jerson-hernan-saavedra-bolivar.html>
- Burgos, J. (Sin fecha). *Vaticinan crisis de agua potable en 10 años*. Obtenido de <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/102/21.html>
- Campoy Aranda, T. J., & Gomes Araújo, E. (2009). *Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos*. EOS.
- CAR. (02 de Agosto de 1989). *Concesión de Aguas*. Bogotá.
- Castillo, L. (2005). *Universitat de Valencian*. Obtenido de Análisis documental: <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>
- Castro Aristizabal, L. M., & Velásquez Tochoy, J. D. (2015). *Análisis de los diseños de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) y calidad del agua cruda y tratada en el departamento de Cundinamarca*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4719/1/Vel%C3%A1squezTochoyJuanDiego2015.pdf>
- Congreso De Colombia. (1993). *Ley 99*. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

- Contreras, G. A. (S.f). *Fotointerpretación Y Teledetección Sistemas De Clasificación De Uso Y Cobertura Y Zonificación Ambiental*. Bogotá.
- Eduardoño. (s.f). *Plantas de potabilización-Filtración Directa Doble*. Obtenido de <http://www.eduardono.com/ambiental/2/PTAP%20filtracion%20directa.pdf>
- FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA – UNICEF. (Sin fecha). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales* . Obtenido de <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua1.pdf>
- Gobernación de Cundinamarca. (No aplica). *Pobreza y Desigualdad*. Obtenido de http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/6bdaaefa-d452-4015-a72a-ad3e82f245a8/Cap_04.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kNRnEFW
- Gómez, J. A. (2005). *Avance del derecho Humano al agua en la Constitución, la ley, la jurisprudencia y los instrumentos internacionales*. Obtenido de <file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS/Downloads/avance%20del%20derecho%20humano%20al%20agua.pdf>
- GWP. (2013). *Guía para la aplicación de la Gestión Integral del Recurso Hídrico a nivel municipal*. Tegucigalpa.
- IDEAM. (Mayo de 2015). *Estudio Nacional Del Agua*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- Martinez, L. E. (2005). *Propuesta para la elaboración del proyecto de optimización del acueducto comunitario de la vereda de Tenería del municipio de Suesca - Cundinamarca*. Bogota D.C.
- Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (26 de Mayo de 2015). *Decreto 1076*. Obtenido de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015.pdf>
- Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). *Resolución 631*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col145327.pdf>
- Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (25 de Octubre de 2010). *Decreto 3930*. Obtenido de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_3930_2010.htm
- Ministerio De La Protección Social. (9 de Mayo de 2007). *Decreto 1575*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion-del-agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social Subdirección de Salud Ambiental. (Diciembre de 2016). *INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO INCA 2015*. Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf

- Ministerio De Vivienda Ciudad Y Territorio. (2017). *Resolución 0330*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Morales, C. G. (2017). *IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL MUNICIPIO DE SUESCA CUNDINAMARCA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS/Downloads/41112024_2017.pdf
- Morga Rodriguez, L. E. (2012). *Teoría y técnica de la entrevista*. México: Red tercer milenio.
- Municipal, A. (2018). *Usos del Suelo Vereda Tenería*. Suesca.
- Orbe Dávila, C. A. (2013). *DISEÑO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE MINDO, CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, PROVINCIA DE PICHINCHA*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6085/T-PUCE-6322.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peersman, G. (2014). *Sinopsis: Método de recolección y análisis de datos en la evaluación de impacto*. Florencia: UNICEF.
- Reyes, L. M. (Mayo de 2015). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO SAN ANTONIO EN APULO, CUNDINAMARCA*. Obtenido de <file:///C:/Users/JUAN%20CARLOS/Desktop/documentos%20tesis/tesis/tesis%201/Tesis%20-%20Laura%20Marcela%20Barrera%20Reyes.pdf>
- Romero Rojas, J. A. (2006). *Purificación del agua*. Bogotá D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas, J. A. (2009). *Calidad del Agua*. Bogotá D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruíz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. México D.F: Esfinge.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología De La Investigación*. MCGRAW-HILL.
- Torres, P. (14 de Agosto de 2018). Estado actual del acueducto de la vereda Tenería. (J. C. Cita, Entrevistador)
- UNESCO. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Obtenido de http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/colombia/colombia_constitucion_politica_1991_spa_orof.pdf
- Valbuena, A. M. (2004). *Plan de Desarrollo municipal Suesca periodo 2004-2007*. Obtenido de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan_de_desarrollo_municipal.pdf

17 Listado de Anexos

Anexo 1. Entrevista realizada al señor Pablo Torres

Formato entrevista	
Entrevistador : Juan Carlos Cita Rojas	Fecha: 12 de sept.-18
Formato de la entrevista: Audio	Duración: 20 minutos
Entrevistado: Pablo Alberto Torres Jiménez	Temática: componente Social de la vereda
Teléfono de contacto: 313 316 9374	
Plan temporal:	
<ul style="list-style-type: none"> - Dirección del entrevistado: Suesca Vereda Tenería - Cita de la entrevista: Fecha:12 de septiembre de 18 a las 5 PM - Previsión para texto transcriptorio: Fecha:13 de septiembre de 2018 - Elaboración de la entrevista concluida: Fecha: 15 de septiembre de 2018 	
Objetivo de la entrevista: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.	
A quien va dirigida: Fundador del acueducto	
Investigación y documentación previa:	
<ul style="list-style-type: none"> - Profesión: Conductor - Ocupación: Casa - Permiso para la publicación de la entrevista: Si. X No 	
Materiales y equipo necesario:	
<ul style="list-style-type: none"> - Libreta y bolígrafo. - Grabadora de audio. - Cámara de fotos. 	

Listado de preguntas:

1. ¿Conoce usted la historia de la fundación del acueducto?

El inicio del acueducto fue en el año 1982 la iniciativa comenzó por el doctor Jorge Guáqueta quien er

a el alcalde del municipio de Suesca en esa época, Mercedes Rincón, Luz Rojas, Arquímedes Rincón, José Hernández, Luis Zambrano y Pablo Torres, para poder acceder al agua del

nacadero el Pinueñal tuvimos varias confrontaciones con la Familia Quintero ya que ellos se quieren coger toda el agua por medio de zanjas. Para el año de 1990 obtuvimos la concesión de aguas con un caudal de 0,55 l/s. La CAR nos Dijo que teníamos que hacer unos tanques que funcionaran como desarenadores. Nos reunimos con unos habitantes de la vereda e hicimos un tanque y la red para distribuir el agua a los habitantes que había en la vereda, ya en el 2004 el Doctor Guáqueta nos regaló el segundo tanque el cual es el que suministra el agua para una parte de la vereda.

2. ¿Cómo es la distribución de la población?

La población está dispersa debido a que cada familia cuenta con un terreno aproximado de media hectárea.

3. ¿Cuáles son los principales usos que se le da al agua del acueducto?

El principal uso que se le da al agua es doméstico, ganadero y agrícola.

4. ¿Cuáles son las principales actividades económicas de la vereda?

La principal economía es la ganadería y la agricultura aunque la mayoría de la gente de la vereda trabaja en cultivos de flores.

5. ¿Tiene usted algún conocimiento sobre el tipo de cobertura vegetal que se encuentra en el nacadero el pinueñal?

Se encuentran matas de chusque, eucaliptos, musgo, laureles, y demás monte

6. ¿Conoce usted cual es la vocación del suelo de la vereda?

Agropecuaria y pastoreo

7. ¿Sabe usted si se han realizado pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma?

Si se han realizado fue en el año 2001 yo las tome las mande analizar en la universidad distrital y los lleve a la CAR en Bogotá.

8. ¿Usted ha conocido algún caso clínico que tenga que ver con la calidad del agua que se le suministra a la comunidad?

No, hasta el tiempo que yo estuve a cargo del acueducto nadie se quejó nadie dijo nada.

9. ¿Sabe usted si en alguna época el nacadero se ha secado?

Si, ha disminuido su caudal en un 50% y en épocas de verano se reduce más el caudal.

10. ¿Cuántos puntos de conexión hay actualmente?

Creería que en este momento hay 125 a 130 y cada familia está compuesta por 3 a 5 personas.

11. ¿Cómo es la disponibilidad del recurso a los usuarios?

El agua siempre se dispone cada tercer día y en épocas de verano se coloca de 7 de la mañana a 2 de la tarde.

12. ¿Qué cantidad de agua se le suministra a cada punto de conexión mensualmente?

20³ y cuando se pasan tienen 10 m³ adicionalmente a 10.000 cada m³

13. ¿Cuál es el cobro a los usuarios por la prestación del servicio?

Se cobra 6.000 pesos mensuales.

14. ¿Cómo es el agua que llega a su casa?

En tiempo de verano el agua llega clarita y en tiempo de invierno llega turbia, en la casa la mayoría de las casas la hierben.

15. ¿Cuáles son las infraestructuras que componen el acueducto?

Está compuesto por un desarenador, dos tanques de almacenamiento, tuberías en las salidas de los tanques 2 pulgadas de diámetro, la tubería de la red madre es de una pulgada y media de diámetro y en las entradas de los puntos de conexión se reduce a media pulgada de diámetro.

16. ¿Cada cuánto se realiza un lavado de los tanques de almacenamiento?

Se deberían lavar cada 3 meses pero en realidad eso no se cumple.

17. ¿Conoce usted cual es el sistema potabilizador actual?
 No conozco ninguno nuevo, lo único que yo conozco son tres tanques los cuales funcionan como desarenadores.

18. ¿Cuáles son las dimensiones de los tanques de almacenamiento?
 El primer tanque mide 3x2x1.5 de alto y el segundo tanque mide 3x4x2.5 de alto.

19. ¿Cuál es el material de la tubería y de los tanques del acueducto?
 la tubería es de PVC de alta presión y los tanques están hechos de concreto y varilla

20. ¿Cuáles cree usted que son las principales problemáticas?
 El principal problema es la desunión de la vereda, y la falta de apoyo por parte del municipio.

Observaciones:

Anexo 2. Entrevista realizada al señor Reinel Méndez

Formato entrevista	
Entrevistador : Juan Carlos Cita Rojas	Fecha: 17 de sept.-18
Formato de la entrevista: Audio	Duración: 11 minutos
Entrevistado: Reinel Méndez	Temática: componente Social de la vereda
Teléfono de contacto:	
Plan temporal:	
<ul style="list-style-type: none"> - Dirección del entrevistado: Suesca Vereda Tenería - Cita de la entrevista: Fecha:17 de septiembre de 18 a las 4 PM - Previsión para texto transcriptorio: Fecha:17 de septiembre de 2018 - Elaboración de la entrevista concluida: Fecha: 17 de septiembre de 2018 	
Objetivo de la entrevista: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.	
A quien va dirigida: Tesorero del acueducto.	
Investigación y documentación previa:	
<ul style="list-style-type: none"> - Profesión: Conductor - Ocupación: Casa - Permiso para la publicación de la entrevista: Si. X No 	

Materiales y equipo necesario:

- Libreta y bolígrafo.
- Grabadora de audio.
- Cámara de fotos.

Listado de preguntas:

1. **¿Conoce usted la historia de la fundación del acueducto?**
El acueducto fue fundado por el señor Pablo Torres, Luis Zambrano, Carlos Rojas y otro personaje de la vereda. Hace 40 años que comenzó a funcionar el acueducto.
2. **¿Cómo es la distribución de la población?**
Es dispersa debido a que cada familia tiene un terreno bastante amplio.
3. **¿Cuáles son los principales usos que se le da al agua del acueducto?**
Principalmente para consumo humano, animal y para el riego de algunos cultivos pequeños.
4. **¿Cuáles son las principales actividades económicas de la vereda?**
La ganadería, siembros en pequeña escala y la mayoría de la población trabaja en cultivos de flores los cuales no se encuentran en la vereda.
5. **¿Tiene usted algún conocimiento sobre el tipo de cobertura vegetal que se encuentra en el nacedero el pinueñal?**
Si, se encuentra vegetación como matas de aliso, eucalipto, espinos, chusque, laureles, y musgo.
6. **¿Conoce usted cual es la vocación del suelo de la vereda?**
Agropecuario
7. **¿Sabe usted si se han realizado pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma?**
Si, unos estudiantes de la universidad Nacional vinieron unas tres veces a tomar muestras para llevarlas a laboratorio eso fue hace unos 2 años.
8. **¿Usted ha conocido algún caso clínico que tenga que ver con la calidad del agua que se le suministra a la comunidad?**
No que yo sepa no se ha presentado nada.
9. **¿Sabe usted si en alguna época el nacedero se ha secado?**
Nunca se ha secado solo se disminuye el caudal en épocas de verano.
10. **¿Cuántos puntos de conexión hay actualmente?**
Son 127 usuarios cada familia está compuesto de 3 a 4 personas.
11. **¿Cómo es la disponibilidad del recurso a los usuarios?**
El acueducto está dividido en 3 ramales y la disponibilidad del recurso a los usuarios es cada tercer día y en épocas de verano se coloca en un horario específico.
12. **¿Qué cantidad de agua se le suministra a cada punto de conexión mensualmente?**
15 m³ mensuales
13. **¿Cuál es el cobro a los usuarios por la prestación del servicio?**
Se cobra 6.500 pesos mensuales. Si se llegan a pasar de metraje se cobra 2000 pesos por m³
14. **¿Cómo es el agua que llega a su casa?**
El agua es turbia y en épocas de verano se pone un poco espesa.
15. **¿Cuáles son las infraestructuras que componen el acueducto?**

<p>Hay 2 tanques de almacenamiento la red es en tubería PVC y en pocas partes se encuentra manguera.</p> <p>16. ¿Cada cuánto se realiza un lavado de los tanques de almacenamiento? Entre mes y medio a 2 meses y lo realiza el fontanero y un grupo de los usuarios.</p> <p>17. ¿Conoce usted cual es el sistema potabilizador actual? Si hay una captación y unos despenaderos.</p> <p>18. ¿Cuáles son las dimensiones de los tanques de almacenamiento? El primer tanque el cual se encuentra cerca del nacedero es de 8 m³ y el segundo tanque es de 10 m³.</p> <p>19. ¿Cuál es el material de la tubería y de los tanques del acueducto? Los tanques son en concreto y varilla y la tubería es en PVC.</p> <p>20. ¿Cuáles cree usted que son las principales problemáticas? La falta de recursos para adquirir una plata de tratamiento ya que el cobro del recurso es muy bajo, otro problema el del olvido por parte del municipio.</p>
Observaciones:

Anexo 3. Entrevista Realizada al señor Isaías Cita

Formato entrevista	
Entrevistador : Juan Carlos Cita Rojas	Fecha: 17 de sept.-18
Formato de la entrevista: Audio	Duración: 5 minutos
Entrevistado: Isaias Cita	Temática: componente Social de la vereda
Teléfono de contacto: 320 454 8474	
Plan temporal: <ul style="list-style-type: none"> - Dirección del entrevistado: Suesca Vereda Tenería - Cita de la entrevista: Fecha:17 de septiembre de 18 a las 4 PM - Previsión para texto transcriptorio: Fecha:17 de septiembre de 2018 - Elaboración de la entrevista concluida: Fecha: 17 de septiembre de 2018 	
Objetivo de la entrevista: Diagnosticar el componente social y ambiental del área de estudio.	
A quien va dirigida: Tesorero del acueducto.	
Investigación y documentación previa: <ul style="list-style-type: none"> - Profesión: Conductor - Ocupación: Casa - Permiso para la publicación de la entrevista: Si. X No 	

Materiales y equipo necesario:

- Libreta y bolígrafo.
- Grabadora de audio.
- Cámara de fotos.

Listado de preguntas:

1. **¿Conoce usted la historia de la fundación del acueducto?**
Si, fue fundado por el señor pablo Torres, Luis Zambrano, el doctor Jorge Guáqueta y otros usuarios de la vereda.
2. **¿Cómo es la distribución de la población?**
Es dispersa debido a la extensión de cada lote que tiene cada familia.
3. **¿Cuáles son los principales usos que se le da al agua del acueducto?**
Uso doméstico, agrícola y ganadería.
4. **¿Cuáles son las principales actividades económicas de la vereda?**
Ganadería y agricultura.
5. **¿Tiene usted algún conocimiento sobre el tipo de cobertura vegetal que se encuentra en el nacedero el pinueñal?**
La principal vegetación que se encuentra en el nacedero es musgo, helecho, eucaliptos, chusque y matas nativas.
6. **¿Conoce usted cual es la vocación del suelo de la vereda?**
Uso agrícola.
7. **¿Sabe usted si se han realizado pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el punto de la bocatoma?**
No se.
8. **¿Usted ha conocido algún caso clínico que tenga que ver con la calidad del agua que se le suministra a la comunidad?**
No.
9. **¿Sabe usted si en alguna época el nacedero se ha secado?**
Ha disminuido un 30%
10. **¿Cuántos puntos de conexión hay actualmente?**
Aproximadamente hay 120 puntos de conexión.
11. **¿Cómo es la disponibilidad del recurso a los usuarios?**
Día por medio para cada sector.
12. **¿Qué cantidad de agua se le suministra a cada punto de conexión mensualmente?**
25 m³ mensuales
13. **¿Cuál es el cobro a los usuarios por la prestación del servicio?**
Se cobra 6.500 pesos mensuales.
14. **¿Cómo es el agua que llega a su casa?**
El agua es turbia en la casa se hierbe para poderla utilizar en los alimentos.
15. **¿Cuáles son las infraestructuras que componen el acueducto?**
Hay 2 tanques y una red madre que conecta cada punto de conexión.
16. **¿Cada cuánto se realiza un lavado de los tanques de almacenamiento?**
Cada 6 meses los están lavando.
17. **¿Conoce usted cual es el sistema potabilizador actual?**
No.
18. **¿Cuáles son las dimensiones de los tanques de almacenamiento?**
El primer tanque tiene una dimensión de 4x4x2 de alto y el segundo de 5x5x2.5 de alto.

19. ¿Cuál es el material de la tubería y de los tanques del acueducto?

Los tanques son en concreto y varilla y la tubería es en PVC de alta presión.

20. ¿Cuáles cree usted que son las principales problemáticas?

El desinterés del municipio y la unión de la comunidad.

Observaciones:

Sistema de captación y almacenamiento del agua en la vereda

Anexo 4. Infraestructuras existentes del acueducto



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 5. Tanques de almacenamiento



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 6. Vereda Tenería



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 7. Recibo de pago Asociación de acueducto Vereda Tenería

**ASOCIACION DE ACUEDUCTO
VEREDA DE TENERIA SUESCA**
Nit 900031938 - 0
SI PASADOS 5 DIAS DEL MES NO SE HA CANCELADO LA
FACTURA SE SUSPENDERA EL SERVICIO ART. 141 LEY 142794

**FACTURA
DE COBRO**
3205

FECHA
DIA MES AÑO
02 08 17

LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO TOTAL
	3350	
USUARIO: Pablo Torres		
PERIODO DE FACTURACION: Consumo Julio - Agosto		
CONSUMO		
CONCEPTO		
CARGO FIJO		
DEUDA ANTERIOR		12.000-
OTROS		
PAGO SIN RECARGO HASTA		
PAGO CON RECARGO HASTA		
SON: Doce mil pesos mlcte		TOTAL 12.000-
OBSERVACIONES		

Impreso por: Sibus Graficas Avaya y Duenas. Documento No. 420104117. Tel. 888 22 55

Fuente (Autor, 2018, tomado de casa Pablo Torres)

Anexo 8. Identificación del tipo de tratamiento con el señor Pablo Torres



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 9. Identificación del tipo de tratamiento con el señor Isaías Cita



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 10. Promedio del dólar en pesos colombianos para el mes de septiembre del 2018

Cotización del dólar

1.3.1. Serie empalmada de datos promedio por meses y fin de mes. periodicidad mensual*

Información disponible a partir de 1950.

Tanto las columnas como las filas de la(s) tabla(s) de datos de los reportes pueden ser ordenadas haciendo "click" sobre los iconos ◀▶▲▼ en el encabezado de las mismas.

Año(aaaa)-Mes(mm)	Promedio	Fin de mes
2017-01	\$ 2.944,65	\$ 2.936,66
2017-02	\$ 2.881,68	\$ 2.896,27
2017-03	\$ 2.943,49	\$ 2.880,24
2017-04	\$ 2.873,55	\$ 2.947,85
2017-05	\$ 2.924,00	\$ 2.920,42
2017-06	\$ 2.958,36	\$ 3.038,26
2017-07	\$ 3.038,76	\$ 2.995,23
2017-08	\$ 2.972,62	\$ 2.937,09
2017-09	\$ 2.918,49	\$ 2.936,67
2017-10	\$ 2.955,06	\$ 3.011,44
2017-11	\$ 3.013,17	\$ 3.006,09
2017-12	\$ 2.991,42	\$ 2.984,00
2018-01	\$ 2.867,68	\$ 2.844,14
2018-02	\$ 2.860,00	\$ 2.855,93
2018-03	\$ 2.852,46	\$ 2.780,47
2018-04	\$ 2.765,96	\$ 2.806,28
2018-05	\$ 2.862,95	\$ 2.879,32
2018-06	\$ 2.893,22	\$ 2.930,80
2018-07	\$ 2.885,55	\$ 2.875,72
2018-08	\$ 2.959,57	\$ 3.027,39
2018-09	\$ 3.037,80	\$ 2.972,18

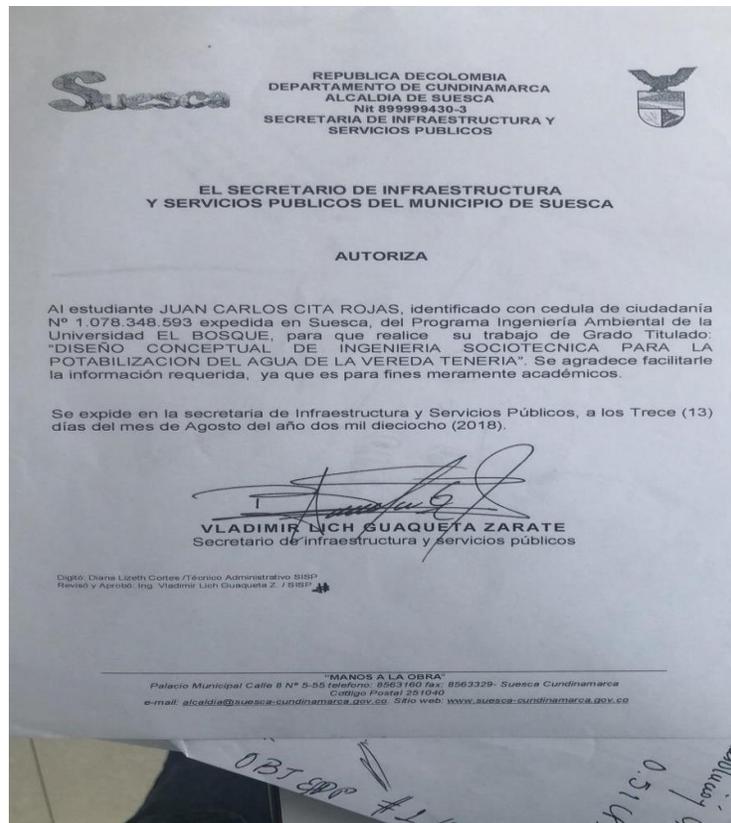
* El promedio mensual se refiere al promedio simple de la TRM de los días hábiles únicamente.

Fuente: la tasa de cambio en Colombia fue calculada por el Banco de la República hasta noviembre de 1980 (en aquél entonces era conocida como la tasa de certificado de cambio). Luego, en acuerdo con la Junta Directiva del Banco de la República, a partir de diciembre de 1980, la tasa de cambio es calculada por la Superintendencia Financiera de Colombia (www.superfinanciera.gov.co).

Banco de la República - Gerencia Técnica - información extraída de la bodega de datos -Serankua- e 03/10/2018 09:49:43

(Banco de la República, 2018)

Anexo 11. Autorización de Información en la Vereda Tenería



Fuente (Alcaldía Suesca)

Anexo 12. Muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas de la bocatoma del acueducto



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS



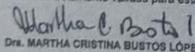
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA- SEDE BOGOTÁ	ANÁLISIS N°:	33774
Persona a contactar:	PROF. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ	Cotización N°:	N/A
Dirección / Ciudad:	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA	Orden de trabajo:	SERVICIO
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	EXT. 1334	Recibida por:	C. COY
Fecha de Registro:	2017-03-06	Fecha de Entrega:	2017-03-17

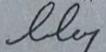
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	SUESCA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	VEREDAL DE TENERÍA	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	BOCATOMA ACUEDUCTO	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2017-03-06	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Turbiedad	UNT	Nefelometría	39,1
Color Verdadero	UPC	Comp Visual	18
pH	Unidades	Potenciometría	7,00
Conductividad Específica	µS/cm 25°C	Electrométrico	11,3
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	Titulación	6
Alcalinidad hidroxidos	mg/L CaCO ₃	Titulación	0
Alcalinidad carbonatos	mg/L CaCO ₃	Titulación	0
Alcalinidad Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	Titulación	6
Acidez total	mg/L CaCO ₃	Titulación	1
Acidez mineral	mg/L CaCO ₃	Titulación	0
Acidez sales Hidrolizables	mg/L CaCO ₃	Titulación	1
CO ₂ libre	mg/L CaCO ₃	Titulación	0
Dureza total	mg/L CaCO ₃	Titulación	10
Dureza Carbonacea	mg/L CaCO ₃	Cálculo	6
Dureza No Carbonacea	mg/L CaCO ₃	Cálculo	4
Calcio	mg/L CaCO ₃	Titulación	8
Magnesio	mg/L CaCO ₃	Cálculo	2
Hierro	mg/L Fe ⁺²	Absorción Atómica	0,3
Manganeso	mg/L Mn ⁺²	Absorción Atómica	<0,05
Amonio	mg/L N- NH ₄ ⁺	Espectrofotométrico	<0,1
Nitritos	mg/L N- NO ₂ ⁻	Cromatografía Iónica	<0,1
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	Cromatografía Iónica	0,2
Cloruros	mg/L Cl ⁻	Cromatografía Iónica	0,4
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻²	Cromatografía Iónica	0,5
Ortofosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	Cromatografía Iónica	<0,2
Sólidos Totales	mg/L	Gravimetría	104
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	Gravimetría	88
Coliformes Totales	NMP/100 ml	Filtración Membrana	25
E. coli	NMP/100 ml	Filtración Membrana	21
Fluoruros	mg/ L F ⁻	Cromatografía Iónica	0,09
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	Incubación Oximetría	6

OBSERVACIONES:
 La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.



Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
 Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental



Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA
 Responsable Técnico M.P. Q-3246

Pág 1 de 11
 FIN DEL INFORME. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO
 Edificio 406-Instituto de Ensayos e Investigaciones (E.I.), 2do piso, oficina 228, Telefax 3165551, Conmutador 3165000 Extx 13322-13333, Email: labingamb_ftbog@unal.edu.co LIA-FT-117 V.01

Fuente: (Humberto Ramos)

Anexo 13. Medición de tuberías



Fuente (Autor, 2018)

Anexo 14. Concesión de aguas Vereda Tenería

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ

RESOLUCION No. 5593 DE 1990 (Por la cual se otorga una concesión de aguas) - 8 OCT 1990

EL DIRECTOR EJECUTIVO DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ en uso de sus facultades legales,

CONSIDERANDO :

Que la Junta de Acción Comunal de la vereda Tenería del municipio de Suesca (Cundinamarca) solicitó ante la CAR, concesión de aguas para derivarla de la fuente denominada Quebrada El Piñuelal con la finalidad de utilizarla para consumo humano y abrevadero.

Que la Junta de Acción Comunal de la vereda Tenería del municipio de Suesca acreditó en debida forma su existencia y representación legal.

Que la Corporación es competente para resolver la anterior petición de conformidad con las facultades contenidas en el Acuerdo 10 de 1989 de la Junta Directiva de la CAR, y en el Decreto No. 1541 de 1978, en consecuencia la División de Reglamentación y Permisos de la entidad dispuso que por funcionarios de la Corporación se llevara a cabo una visita ocular a la vereda peticionaria así como a la fuente antes indicada con el ánimo de establecer la posibilidad de otorgar la concesión solicitada.

Que una vez practicada la visita ocular, los funcionarios comisionados rindieron el informe que obra a folios 10 y 11 del expediente No. 6436 de cuyo contenido se concluye que es procedente otorgar la concesión solicitada puesto que las aguas que discurren por la fuente son de uso público y su caudal así lo permite.

Que de conformidad con los artículos 52 y 57 del Decreto 1594 de 1984 la Corporación exigió a la peticionaria realizar examen físico-químico y bacteriológico de las aguas de la fuente denominada Quebrada El Piñuelal del que una vez presentado, se solicitó concepto a la Sección de Saneamiento Básico del Servicio de Salud de Cundinamarca, la cual mediante el Oficio No. SSBUR-240 del 5 de Septiembre de 1990 emitió concepto favorable sobre la calidad del agua, habiendo hecho a su vez algunas recomendaciones que quedarán consignadas en la parte resolutive de la presente providencia.

Que por encontrarse surtido el trámite administrativo correspondiente, en del caso despachar la solicitud presentada, por consiguiente el Director Ejecutivo de la Corporación, en uso de sus facultades legales y estatutarias;

RESUELVE :

ARTICULO PRIMERO.- Otorgar a la Junta de Acción Comunal de la vereda Tenería del municipio de Suesca (Cundinamarca), una concesión de aguas de 0.55 lts/seg. del caudal de la fuente de uso público denominada Quebrada El Piñuelal que discurre por la vereda ya citada con el fin de satisfacer las necesidades de consumo humano y abrevadero.

PARAGRAFO.- La concesión de aguas aquí otorgada se discrimina así:

Consumo humano	0.43 lts/seg.
Abrevadero	0.12 lts/seg.
Total	0.55 lts/seg.

ARTICULO SEGUNDO.- La Junta de Acción Comunal de la vereda Tenería del municipio de Suesca (Cund) debe:

- Ejecutar un proceso de tratamiento que garantice la potabilidad del agua para consumo humano que consistirá en un tratamiento completo para remoción de hierro, color y turbiedad, por último aplicar un desinfectante reconocido.

Fuente: (Pablo Torres)

Anexo 15. Socialización del proyecto



Fuente (Autor, 2018)