

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS,
CASO DE ESTUDIO POZO FINCA EL ARBOLITO-UBICADO EN LA VEREDA
CAIMANERA EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL-TOLIMA TENIENDO EN CUENTA
LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.

DAYANNA JULIETH CARDOSO ORTEGON

JUAN DAVID RAMIREZ TOVAR

INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA – SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

GIRARDOT CUNDINAMARCA 2021

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS,
CASO DE ESTUDIO POZO FINCA EL ARBOLITO-UBICADO EN LA VEREDA
CAIMANERA EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL-TOLIMA TENIENDO EN CUENTA
LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.

Proyecto de Grado para obtener el título de Ingeniero Civil

Dayanna Julieth Cardoso Ortegón

Juan David Ramírez Tovar

Tutor: Jesús Flaminio Ospitia Prada

Universidad Piloto de Colombia – Seccional del Alto Magdalena

Girardot Cundinamarca

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENT DEL JURADO

JURADO

JURADO

JURADO

Girardot, marzo de 2021.

AGRADECIMEINTOS

Inicialmente queremos darle gracias a Dios por ayudarnos a culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas brindándonos sabiduría y perseverancia en este largo recorrido.

A la universidad Piloto de Colombia Seccional Alto-Magdalena por su arduo esfuerzo orientándonos desde los aspectos académicos y profesionales, por formarnos como profesionales de alta calidad y con valores éticos y morales.

A nuestros tutores, Jesús Flaminio Ospitia (ingeniero civil), y Oscar Efrén Ospina (ingeniero civil), por dedicarnos su tiempo y conocimiento para poder llevar a cabalidad este proyecto.

A nuestros padres, por darnos la vida, porque sin su ayuda y apoyo emocional no estaríamos en lugar en donde nos encontramos ahora, formándonos con grandes valores que nos hacen mejores personas para la sociedad.

A nuestros compañeros, Por dedicarnos su tiempo y apoyarnos durante el desarrollo de este proyecto académico.

DEDICATORIAS

Este proyecto va dedicado inicialmente a nuestros padres quienes fueron los principales pilares para nuestra formación educativa y como personas. Al ingeniero Jesús Flaminio Espitia, por su laborioso trabajo como tutor. Nos sentimos muy orgullosos y agradecidos con la vida por habernos cruzado con personas y profesionales que nos aportaron los conocimientos necesarios para culminar exitosamente la etapa universitaria y formarnos como Ingenieros civiles de calidad, responsables, honestos, además con un gran sentido de pertenencia cultural y de sostenibilidad de los recursos naturales.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

1. GLOSARIO	10
2. RESUMEN.....	11
2.1 ABSTRACT	12
3. INTRODUCCION.....	13
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
5. JUSTIFICACIÓN	15
6. OBJETIVOS.....	16
6.1. Objetivo General	16
6.2. Objetivos Específicos	16
7. MARCO REFERENCIAL	17
7.1 Antecedentes.....	17
7.2 Marco Histórico	19
7.2.1. Municipio de El Espinal	19
7.2.2. Vereda la Caimanera	19
7.3 Marco Geográfico	20
7.3.1. Hidrografía del espinal	22
7.3.1.1. Espinal principales quebradas y drenajes.	22
7.4. marco Teórico	23
7.4.1. Aguas subterráneas	23
7.4.2. Muestreo de agua subterránea.....	24
7.4.3. Dificultades de toma de muestra	24
7.4.4. Contaminación del agua subterránea.....	25
7.4.5. Características físico-químicas del agua subterránea.....	26
7.5. Tipos de sistemas de potabilización.....	29
7.6. Marco conceptual.....	35
7.7. Marco Legal.....	38
• Resolución 2115 del 2007	38

• Resolución 0330 de 2017.....	39
ARTICULO 27 DEL DECRETO 1575 2007	44
RESOLUCION 1615 DE 2005.....	44
RESOLUCION 4353 DE 2013.....	44
NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO5667-1	45
NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO5667-2	45
NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO5667-3	45
8. RECURSOS	46
8.1. RECURSO HUMANO	46
8.2. RECURSO MATERIAL	46
9. METODOLOGÍA	47
9.1. Trabajo de campo:.....	48
9.2. CASO DE ESTUDIO	48
• 9.2.1. Procedimiento toma de muestra:.....	48
• 9.2.2. Precauciones con las muestras:.....	48
10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	50
10.1. ANALISIS DEL ENTORNO	50
10.1.1. Localización.....	50
10.1.2. CLIMA	52
10.1.3. TERRENO	52
10.2. FINCA EL ARBOLITO	52
10.3. Exploración de campo	52
10.3.1. ANALISIS DE LOS PARAMETROS INSITU FISICOQUIMICOS.....	57
10.3.2. CARTOGRAFÍAS	60
10.3.3. Análisis de las cartografías.....	2
10.4. ANALISIS DE DATOS FISICO QUIMICOS DEL PUNTO DE ANALISIS	3
10.5. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO RESOLUCION 2115 DE 2007	5
11. PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA AL POZO DE LA FINCA EL ARBOLITO, VEREDA LA CAIMANERA, MUNICIPIO DE ESPINAL TOLIMA.	
6	
12. CONCLUSIONES.....	12
13. RECOMENDACIONES	13

14. Bibliografía.....	14
15. ANEXOS.....	18

TABLAS.

Tabla 1 Localización, Temperatura y Distancia Fuente: (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)	21
Tabla 2 Limites del Municipio. Fuente: (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)	21
Tabla 3 Veredas del municipio de El Espinal Fuente: (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)	22
Tabla 4 Tecnología de Tratamiento. Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)	43
Tabla 5 Coordenadas de la vereda.fuente: (Concejo municipal del espinal tolima, 2001).....	51
Tabla 6 Caracterización fisicoquímica punto 1. Fuente: Autoría Propia	53
Tabla 7 Caracterización fisicoquímica punto 2. Fuente: Autoría Propia	54
Tabla 8 Caracterización fisicoquímica punto 3. Fuente: Autoría Propia	55
Tabla 9 Caracterización fisicoquímica punto 4. Fuente: Autoría Propia.....	55
Tabla 10 Caracterización fisicoquímica punto 5. Fuente: Autoría Propia	56
Tabla 11 Caracterización fisicoquímica punto 6. Fuente: Autoría Propia.....	57
Tabla 12 Parámetros Fisicoquímicos de las aguas Fuente: Autoría propia.	58
Tabla 13 Datos de laboratorio vs valores máximos aceptables por la resolución 2115 de 2007. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020).....	3
Tabla 14 Características físicas Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007)	5
Tabla 15 Características químicas con efecto en la salud humana. Resolución 2115-2007. Fuente (Ministerio de la protección social, 2007).....	5
Tabla 16 Características Químicas con Implicaciones en la salud Humana. Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007).....	6
Tabla 17 Características Químicas con mayor consecuencia económica e indirecta sobre la salud humana. Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007).....	6
Tabla 18Tecnología de Tratamientos de Potabilización. Fuente: Resolución 0330-2017. Art 109. Tabla 4. Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)	9
Tabla 19 Características de Filtración convencional. Fuente (Ministerio de vivienda, 2017):.....	9
Tabla 20 Rangos de Tasa de filtración lenta en etapas. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)	9
 Grafica 1 PH. Fuente: Autoría propia.	58
Grafica 2 Conductividad Eléctrica. Autoría propia.	59
Grafica 3 Solidos Disueltos totales. Autoría propia.....	59
Grafica 4 Esquema sistema de potabilización. Fuente: Autoría propia.	11

CARTOGRAFIAS

CARTOGRAFIA 1 Actividad Socio Económica Del Agua. Autoría Propia.....	1
CARTOGRAFIA 2 Condiciones del punto. Autoría propia.	2
CARTOGRAFIA 3 Tipo de Estructura de los Puntos. Autoría propia.	1
CARTOGRAFIA 4 Profundidad de los puntos Autoría propia.....	1
Ilustración 1 Mapa Municipio De Espinal Tolima Fuente: Google Earth.....	20
Ilustración 2 Pozo caso de estudio. Fuente: Autoría Propia.	18
Ilustración 3 Toma de muestras de laboratorio al pozo caso de estudio. Fuente: Autoría Propia.....	19
Ilustración 4 Embaces para las muestras obtenidas. Fuente: Autoría propia.	19
Ilustración 5 Muestras reposadas en embaces para llevar al laboratorio. Fuente: Autoría propia	19
Ilustración 6 Toma de PH del agua subterránea del pozo caso de estudio. Fuente: Autoría propia.....	19
Ilustración 7 Resultados toma del PH, del agua subterránea del pozo caso de estudio. Fuente: Autoría propia.	19
Ilustración 8 Resultados Laboratorios Fisicoquímicos y microbiológico. Fuente: Aguaslab.	19
Ilustración 9 Resultados laboratorios físicos químicos y microbiológicos. Fuente: ANALQUIM	19
Ilustración 10 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 11 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 12 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 13 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 14 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 15 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 16 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 17 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 18 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 19 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 20 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 21 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)	19
Ilustración 22 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia	19
Ilustración 23 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia	19
Ilustración 24 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia	19
Ilustración 25 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia	19

1. GLOSARIO

- **Agua subterránea:** “El agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. En general, mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona”. (Ambientum, 2017)
- **Aljibe:** “El aljibe es un modelo tradicional árabe, es una cisterna para almacenar agua a la cual se accedía a través de una abertura. Los aljibes fueron depósitos de agua potable, por su construcción se descartaba la contaminación y las filtraciones.” (Fasani, 2020)
- **Análisis físico-químico del agua:** “Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)
- **Análisis microbiológico:** “Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)
- **Calidad del agua:** “Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar.” (USGS science for a changing world , 2017)
- **Calidad del agua:** “Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar.” (USGS science for a changing world , 2017)
- **Potabilización:** “consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua.” (unusual, s.f.)
- **Pozo:** “perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción” (Secretaria distrital de ambiente , 2018)

2. RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como fin proponer un sistema de potabilización de aguas subterráneas teniendo en cuenta la caracterización física, química y microbiológica al pozo que se localiza en la finca el arbolito, ubicado en la vereda La Caimanera, en el municipio de El Espinal-Tolima, La finca El Arbolito cuenta con un pozo de aguas subterráneas el cual maneja un método de extracción por bombeo, los habitantes de la finca utilizan el recurso hídrico con fines de agricultura, como riego de cultivos, limpieza de maquinaria y reserva doméstica en caso de emergencia.

Para llevar a cabo el desarrollo de esta propuesta fue necesario realizar un análisis del entorno para localizar los cinco (5) pozos o aljibes aledaños al pozo de la finca El Arbolito los cuales fueron sometidos a ensayos físico-químicos INSITU con la finalidad de caracterizar el afluente en una zona más amplia.

La caracterización del agua es el paso más importante para obtener un análisis correcto y de tal manera proponer el sistema que cumpla con las necesidades del recurso; Al pozo principal ubicado en la Finca El Arbolito se le realizaron los laboratorios físico-químicos y microbiológicos contemplando la resolución 0330 del 2017 y comparando los resultados con la norma nacional vigente es decir la resolución 2115 del 2007 la cual nos permite identificar los rangos máximos de cada elemento analizado y determinar cuáles de estos componentes están por encima del rango permitido, posteriormente por medio de las tecnologías de tratamiento que facilita la resolución 0330 de 2017 en artículo 9 se propone el tren de procesos que mayor se adecua a la remoción de los contaminantes que se encontraron en el análisis de laboratorio de la muestra.

2.1 ABSTRACT

The following project has the purpose of proposing a system of groundwater purification taking into account the physical, chemical and microbiological characterization of the well that is located in El Arbolito Farm which is located in the village of La Caimanera in the municipality of El Espinal-Tolima. The El Arbolito Farm has a well of groundwater which is managed by a method of extraction by pumping. The occupants of the farm use the water resource for agricultural purposes, such as crop irrigation, cleaning machinery, and domestic reserve in case of emergency.

To carry out the development of this proposal, it was necessary to do an analysis of the environment to locate the five (5) wells or cisterns that are adjacent to the well of the El Arbolito Farm, which were also all subjected to INSITU physical-chemical tests in order to characterize the tributary in a wider area.

The characterization of the water is the most important step to obtain a correct analysis and in such a way be able to propose a system that will fulfill all the needs and resources. The main well which is located in El Arbolito Farm had physical-chemical and microbiological labs done in which were carried out contemplating the resolution 0330 of 2017 and comparing the results with the current national norm which is the resolution 2115 of 2007 which allows us to identify the maximum ranges of each analyzed element and to determine which of these are above the allowed range. Afterwards by means of the technology treatment that the resolution 0330 of 2017 in article 9 facilitates us. It is proposed that the process that is most adequate for the removal of the polluting agents that were found in the laboratory analysis of the sample be adapted.

3. INTRODUCCION

El recurso hídrico en el mundo es fundamental para la vida de los seres vivos, vivir en un país con una biodiversidad tan grande como lo es Colombia nos permite estar en una posición privilegiada a nivel internacional, convirtiéndose atractivo de inversión extranjera.

Los problemas ambientales vienen enlazados con las inversiones de explotación intensiva o incontrolada de recursos los cuales pueden causar graves problemas ambientales como lo es la explotación del agua subterránea la cual es un elemento clave en el desarrollo de un país.

Las aguas subterráneas son una fuente bastante importante para la población estas ayudan a suplir la falta de agua potable, necesidades en la agricultura y también tienen lugar en el sostenimiento de humedales, lagos, y demás ecosistemas.

El agua subterránea se ha convertido en una opción de vital importancia ya que se puede acceder a ella mediante estructuras de pozos o aljibes, pero para poder consumir este flujo de manera sana se le debe realizar tratamientos debido a que en algunos casos esta no se encuentra en las condiciones óptimas para el consumo humano.

Por medio de este proyecto se desea realizar la caracterización Física, Química y Microbiológica de un pozo que se encuentra ubicado en la finca El Arbolito, en la vereda La Caimanera, en el municipio de El Espinal-Tolima, en donde además de determinar los componentes que posee este pozo, se desea proponer un sistema de potabilización para este.

Es de tener claro que esta caracterización se realizara con base a los parámetros que se manejan a nivel nacional sobre la calidad del agua tales como la resolución 2115 de 2007 y la resolución 0330 de 2017. Seguido a esto se logra realizar un análisis para determinar el sistema que sea más apropiado de acuerdo con las características obtenidas en los laboratorios realizados.

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El agua es uno de los principales factores para llevar una calidad de vida apta para cualquier persona, pero en la actualidad se evidencia la escasez de este recurso, lo cual la falta de este o el consumo de un agua no apta puede generar graves problemas a los consumidores, según Cortolima el municipio de El Espinal es una de las zonas vulnerables debido a la falta de agua.

“El municipio del Espinal -Tolima presenta vulnerabilidad por disponibilidad de agua moderada, con un índice de escases de hasta un 10%, por esta razón el agua subterránea presente en estas zonas podría ser una fuente alternativa para suplir esta necesidad.” (Cortolima, 2018) .

Por lo tanto, cabe resaltar que esta zona es rica en la formación de acuíferos, como lo explica Cortolima “constituyen las unidades geológicas más aptas para el flujo y el almacenamiento de agua, ya que la heterogeneidad de los materiales que lo componen, su gran extensión y la estratigrafía de la zona, propician la formación de acuíferos libres de recarga directa.” (Cortolima, 2018)

En la vereda Caimanera del municipio del Espinal-Tolima se identificó una problemática para los habitantes del sector, debido a que esta población no cuenta con la accesibilidad al agua potable. Este preciado fluido es extraído por la comunidad mediante un aljibe y/o pozo de manera manual o mecánica, y posteriormente realizan un proceso de potabilización empírico, por ende, sigue siendo perjudicial para la salud, a causa de que el servicio público no cuenta con el alcance para cubrir a esta comunidad por su perímetro espacial que en este caso es denominado rural.

4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas subterráneas del pozo ubicado en la finca el arbolito, vereda caimanera que inciden en características para proponer un sistema de potabilizador de dichas aguas?

5. JUSTIFICACIÓN

Inicialmente el proyecto surge con el fin de identificar las diferentes características que pueda presentar el agua física, químicas y microbiológicas y lograr proponer un sistema de potabilización el cual sirva para mejorar la calidad del agua que posee el pozo de la finca El Arbolito, ubicado en la vereda La Caimanera, el municipio Del Espinal-Tolima, así mismo, encontrando además que en esta vereda el “sistema de acueducto” que poseen es un pozo el cual es el encargado de surtir a aquellas personas que no tiene su propia fuente del recurso hídrico en casa, por lo consiguiente no pueden extraer el agua de consumo, por lo tanto, se limitan a comprar a las empresas que distribuyen agua en botellas.

El agua es un recurso natural renovable y esencial, pero raramente es entendido y apreciado. **El agua subterránea** constituye un recurso del subsuelo que brinda oportunidades de desarrollo a la sociedad, además de ser una alternativa para consumo humano en las zonas con demanda de agua potable y útil para llevar a cabo proyectos agroindustriales, mineros y de hidrocarburos. (Subdirección del recurso Hídrico y del Suelo, s.f.)

Según el IAEA las aguas subterráneas son una de la mayor fuente de agua dulce para el ser humano, debido a que utilizan técnicas isotópicas para poder llegar a determinar el origen y las tasas de recarga que posean estas. “Las aguas subterráneas constituyen el 30 % del agua dulce disponible en el mundo. Un 69 % está atrapada en los casquetes polares, mientras que los ríos y los lagos representan únicamente un 1 %. A menudo” (IAEA, s.f.)

El desarrollo del presente proyecto busca analizar la caracterización de las aguas subterráneas físicas, químicas y microbiológicas que se generan en el pozo ubicado en la finca El Arbolito vereda la Caimanera, en el municipio del Espinal-Tolima, y de este modo, proponer un sistema de potabilización para este recurso hídrico, el cual ayudaría a mejorar la calidad de vida de las personas que habitan este lugar, y así minimizar los riesgos de salud que puede generar en el consumo humano, teniendo claro que si bien el agua subterránea es menos contaminada que la superficial no se garantiza que sea potable y ni que no genere riesgos de salud su consumo.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Proponer un sistema de potabilización de aguas subterráneas, caso de estudio pozo finca arbolito, ubicado la vereda caimanera en el municipio espinal-Tolima teniendo en cuenta las caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas

6.2. Objetivos Específicos

- Realizar un reconocimiento de terreno determinando la localización y características de los puntos aledaños a la zona de estudio
- Analizar los componentes físicos, químicos y microbiológicos que conforman el agua cruda del pozo principal.
- Proponer con base a las características encontradas en el agua un sistema de potabilización para el pozo ubicado en la vereda caimanera, finca el arbolito del municipio de Espinal-Tolima.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 Antecedentes

En el año 2019 en la vereda la caimanera del municipio de Espinal, en la finca el porvenir 2, se realizó por dos (2) estudiantes de ingeniería ambiental de la Universidad del Bosque un diseño de un sistema de tratamiento y de reutilización de aguas grises que se producían en la finca mencionada anteriormente, en donde, por medio de los estudios pertinentes desarrollaron la siguiente propuesta.

El proyecto tuvo como objetivo principal diseñar un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises producidas en la finca “El Porvenir 2” ubicada en El Espinal - Tolima, que se llevó a cabo luego de determinar el estado de la calidad fisicoquímica y microbiológica del vertimiento, para posteriormente seleccionar la alternativa más adecuada que se ajustara a las condiciones ambientales y territoriales de la finca; en la fase de diseño se establecieron los lineamientos técnicos y ambientales para el modelo de tratamiento con sus respectivos costos de construcción. (Moncaleano Forero & Ramirez Gomez, 2019)

La finca El Porvenir 2 ubicada en la vereda La Caimanera no cuenta con acueducto que garantice el suministro del recurso hídrico a las viviendas, por ende, se abastecen de agua transportada en carro tanques provenientes desde la zona urbana y de nacimientos naturales aledaños. En materia de vertimientos la finca realiza separación de las aguas residuales domésticas que se producen; las aguas residuales generadas en las unidades sanitarias se conducen a un pozo de absorción y las aguas grises se llevan mediante una canaleta dirigida directamente a la fuente hídrica superficial, denominada Coyarcó (Moncaleano Forero & Ramirez Gomez, 2019)

Según el diagnóstico hidrogeológico de Cor-tolima realizado para el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, el abanico que constituye el municipio del Espinal es una de las fuentes más aptas para este flujo debido a que tanto por su localización, los materiales que componen este y la extensión, hace que haya una formación de acuíferos libres de recargas directas.

“La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención

como la transmisión de agentes que causan enfermedades.” (Briñez A , Guarnizo G, & Arias V, 2012)

Según (Briñez A , Guarnizo G, & Arias V, 2012) Colombia estableció un sistema de protección y control de la calidad del agua para consumo humano, según el decreto 1575 de 2007. La clasificación del Índice de Categoría de Riesgo para la Calidad del agua (irca) define una proporción de puntaje, así: de 80,1 a 100% es inviable sanitariamente; de 35,1 a 80% es riesgo alto; de 14,1 a 35% es riesgo medio; de 5,1 a 14% es riesgo bajo; y de 0 a 5 % sin riesgo.

En el departamento del Tolima tenemos tres (3) zonas con potencial hidrogeológica; al norte el denominado acuífero de Mariquita y Lérída que conforman el valle del Magdalena limitado por las cordilleras central y la oriental. En el centro del departamento se encuentra el denominado "Acuífero Ibagué" que comprende el abanico formado de depósitos provenientes del volcán del Tolima y hacia el sur se tiene el depósito sobre el valle del Magdalena que comprende los municipios de Natagaima, Purificación, Saldaña. (Cardoso Rodriguez, 2014)

“Adicionalmente adosado al abanico de Ibagué se tiene los depósitos del volcán "Machín" que comprende los municipios de El Espinal, Guama, San Luis, Flandes, Valle de San Juan y Saldaña. De acuerdo con esta composición en dicha área se ubica la mayor presencia de aljibes (por provenir de depósitos de arenas).” (Cardoso Rodriguez, 2014)

7.2 Marco Histórico

7.2.1. Municipio de El Espinal

La fundación del municipio del Espinal ocurre el 18 de septiembre de 1754, otorgándose la calificación de fundadores a los señores Antonio Vásquez Forero y Juan Manuel Moya, propietarios de la Hacienda Llano Grande. Cuatro años más tarde Don Pascual Aldana y Andagoya, fundó una pequeña población a orillas del río Coello a la que dio el nombre de Upito que pasó a ser cabecera de Llano Grande del Espinal en el año de 1776 En 1781 los vecinos del Caserío de Upito, en razón de la distancia que los separaba del Llano Grande del Espinal, solicitaron a Don Antonio Caballero y Góngora, IX virrey del Nuevo Reino de Granada la creación de su parroquia a la cual accedió decretando la construcción de la nueva iglesia en el sitio denominado el Espinal (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)

Este hecho determinó el traslado de Upito al Espinal el 3 de abril de 1783. El Sacerdote Francisco Álvarez del Pino fue el primer párroco de la nueva iglesia del Espinal a partir del 3 de abril de 1783, cargo que desempeñó hasta el 1 de abril de 1808. Espinal fue capital de Cantón y del Departamento del Centro hasta la expedición del Decreto Ejecutivo del 27 de octubre de 1880, en que se trasladó la capital al Guamo. (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)

7.2.2. Vereda la Caimanera

La vereda la caimanera recibe este nombre debido a que en sus inicios era el hogar de caimanes, de ahí su particular nombre, es una de las más reconocidas en el municipio del espinal, según el DANE la mayor parte de los asentamientos rurales se encuentran en la vereda caimanera y patio bonito. Es además un lugar turístico debido a que posee el puerto de la caimanera, el cual se caracterizó porque permitía a las personas que navegaban por el río Magdalena tener un “paradero”.

Desde 1918 el Puerto de la Caimanera se caracterizó por permitir a los navegantes del Río Magdalena tener un punto donde abastecerse de alimentos y suministros básicos para sus travesías. El puerto recibe su nombre debido a que en aquella época, a raíz de los desperdicios que los navegantes arrojaban al puerto, se aglomeraban muchos caimanes en busca de alimento. En la actualidad solo queda el recuerdo de esta especie en esta parte del Río Magdalena. En el Puerto de la Caimanera se da inicio el 29 de Junio a las festividades sanpedrinas pues propios y extraños reciben su personaje principal acompañados de embarcaciones, música y reinas, disfrutando del sol y la brisa que brinda este regalo de la naturaleza. (Gobernación del Tolima, 2019)

7.3 Marco Geográfico

El municipio de Espinal se encuentra ubicado en la región andina de Colombia, donde se caracteriza por su compleja topografía y además la variabilidad en ambientes biofísicos, este municipio que pertenece al departamento del Tolima, es el segundo más importante, además esta es también la capital del arroz del centro del país, se encuentra rodeado de los ríos Coello y el río Magdalena, y la mayor parte de su territorio es llana.

ILUSTRACION 1.

Mapa del municipio de espinal facilitado por Google Earth.

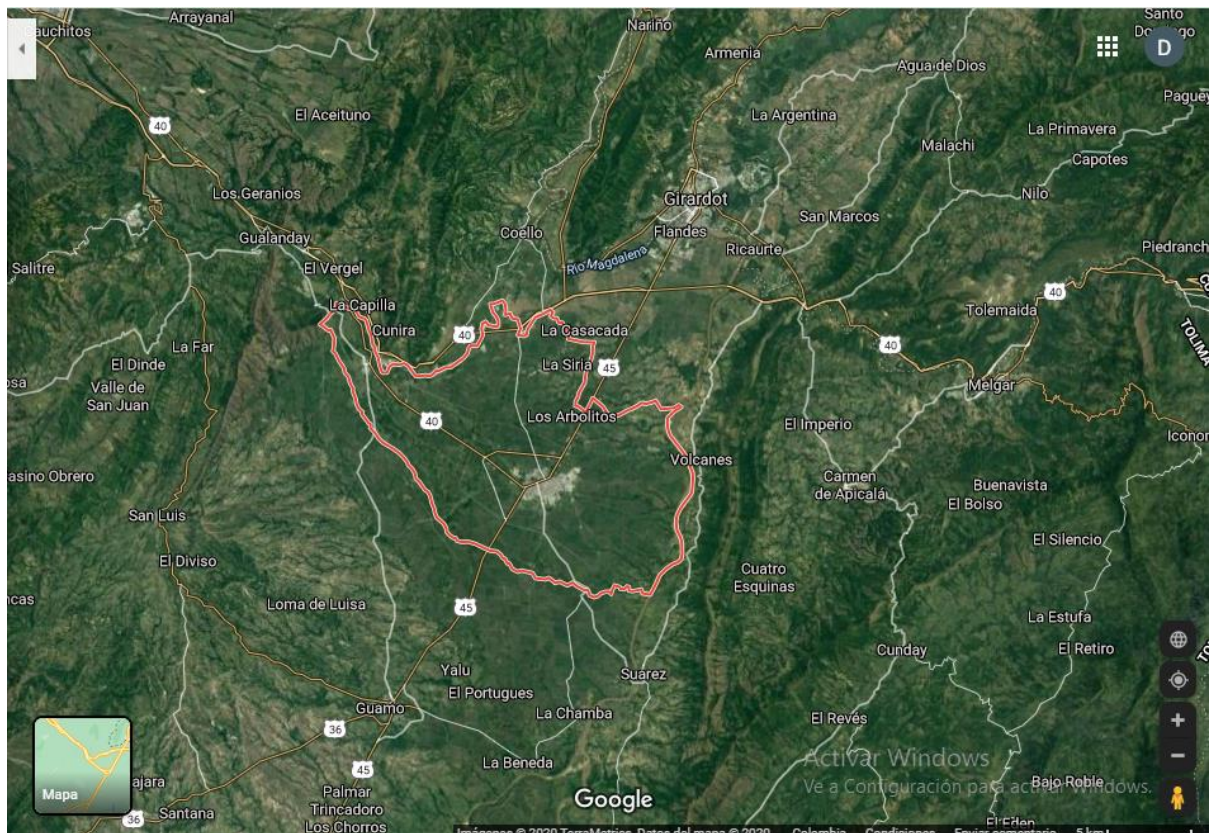


Ilustración 1 Mapa Municipio De Espinal Tolima Fuente: Google Earth.

Según la Secretaría de planeación y TIC, dice que el municipio se encuentra ubicado en las coordenadas al norte 4°09' y en longitud oeste 74°53', este posee una altura sobre el

nivel del mar 323 msnm, y maneja una temperatura habitual de 29°C, como se observa en el siguiente cuadro:

TABLA 1.

Tabla de localización, temperatura y distancia del municipio de El Espinal.

Localización, temperatura y distancia	
Latitud norte	4° 09'
Longitud oeste	74° 53'
Altura sobre el nivel del mar (m. s. n. m)	323
Temperatura (°C)	29
Distancia a la capital (Km)	48

Tabla 1 Localización, Temperatura y Distancia Fuente: (Secretaría de Planeación y TIC, 2011)

Según la Secretaría de planeación y TIC, se localiza a 48 kilómetros de Ibagué, limita al norte con los municipios de Coello y Flandes, al sur con el municipio Guamo, al oriente con el municipio de Suarez, y al occidente con los municipios Guamo y San Luis, como se muestra a continuación:

TABLA 2.

La tabla 2 muestra los municipios con los que limita el municipio de El Espinal.

Límites del Municipio

Norte	Coello y Flandes
Sur	Guamo
Oriente	Suárez
Occidente	Guamo y San Luis

Tabla 2 Limites del Municipio. Fuente: (Secretaria de Planeación y TIC, 2011)

El municipio del Espinal-Tolima, está conformada por 27 de veredas en las cuales están distribuidas alrededor de este, como se puede observar a continuación:

TABLA 3.

La tabla 3 muestra las veredas que conforman el municipio de El Espinal.

Veredas del área rural					
1	La Arenosa	10	Santa Ana	19	Talura Puerto. Peñón
2	La Trinidad	11	Aguablanca Alta	20	Dindalito Sector Centro
3	San Francisco Centro	12	Agua Blanca Sector La Morena	21	Dindalito Sector La Unión
4	Rincón De San Francisco	13	Guayabal	22	Dindalito Sector Sena
5	Agua Blanca Sector La Dulce	14	La Joya	23	Guasimal
6	Aldana y Andagoya	15	Las Delicias	24	Canastos
7	Montalvo	16	Coyarco	25	Cardonal
8	Patio Bonito	17	Guadualejo	26	Paso Ancho
9	Minuto De Dios	18	La Caimanera	27	Sucre

Tabla 3 Veredas del municipio de El Espinal Fuente: (Secretaría de Planeación y TIC, 2011)

7.3.1. Hidrografía del espinal

7.3.1.1. Espinal principales quebradas y drenajes.

- La Quebrada Eneal: “nace en el cerro de La Ventana y durante todo su recorrido hasta desembocar en el río Magdalena sirve de límite con el municipio del Guamo, por la margen izquierda recibe las quebradas Guasimal, Cardonal, Guadualejo con la Leona y la Balsa.” (a) (DANE , 2000)
- “La Quebrada Aguasucia: nace cerca de la población del Espinal, entre esta y el Canal Espinal.” (b) (DANE , 2000)
- “El Sanjón de las Chontas: nace cerca al Espinal y pasa bordeando el sur de la parte sub-urbana de la población.”(c) (DANE , 2000)
- “Las Quebradas Morrocoy y Talura: nace cerca del Espinal por el costado oriental.” (d) (DANE , 2000)
- “La Quebrada Espinal: pasa por el costado norte de la población y recibe por la margen izquierda, las quebradas San Javier, Guayabal y El Aceituno.”(e) (DANE , 2000)
- “Las Quebradas Borgoñuela, Santa Ana, Chilacoa y Agua Blanca: tocan en un escaso recorrido la cabecera.”(f) (DANE , 2000)
- “La Quebrada La Morena: nace en la banda derecha del Canal Espinal, corre por la margen izquierda del Mumo con dirección noroeste a desembocar al río Coello.”(g) (DANE , 2000)
- “La mayoría de las quebradas tienen un recorrido general con dirección sureste y van a desembocar al río Magdalena”.(h) (DANE , 2000)

7.4. marco Teórico

7.4.1. Aguas subterráneas

Sabemos que las aguas subterráneas son aquellas aguas dulces que se encuentran ubicadas en la superficie de la corteza terrestre, y generalmente se encuentran en las formaciones geológicas determinadas acuíferos. Estas se dan a través de las filtraciones de las precipitaciones de agua, a través de los poros de los terrenos y estas pueden mantenerse sin descubrir durante bastantes años.

La gran importancia que tienen ya que un gran porcentaje de la población se abastece de ellas, además son útiles para la industria y la agricultura, y tienen capacidad para poder albergar numerosas formas de vida. Actualmente, debido a la actividad del hombre se están sobreexplotando y contaminando, lo que acarrea serios problemas para poblaciones que dependen de estas aguas. (aquae, s.f.)

El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce para el ser humano. Mediante técnicas isotópicas, se puede determinar el origen y las tasas de recarga del agua subterránea, información que se obtiene a partir de los isótopos estables y radiactivos presentes en esas aguas. (IAEA, s.f.)

La explotación de estas aguas ha ido creciendo de manera significativa debido al aumento de la población y con este la demanda agrícola e industrial.

Los gestores del agua de muchas regiones se han visto obligados a hacer frente a la sobreexplotación de los acuíferos accesibles y con frecuencia tienen que depender de fuentes de agua subterránea profundas antiquísimas para suministrar de forma fiable agua dulce. A esto se añaden las amenazas derivadas del derrame de contaminantes y toxinas en las aguas subterráneas, por ejemplo, procedentes de la agricultura, la industria o las actividades urbanas. (IAEA, s.f.)

La contaminación de estas aguas también va aumentada de manera drástica y este daño es bastante complejo debido a la dificultad de disminuir estas. “Para ayudar a caracterizar las fuentes de los contaminantes y cuantificar las transformaciones y la biodegradación de los contaminantes en los sistemas de acuíferos se emplean trazadores de isótopos estables y radiactivos (nitrógeno 15, carbono 13 y tritio.)” (IAEA, s.f.)

Las Aguas subterráneas en el país se constituyen en algunas zonas del país en una fuente alterna a las fuentes tradicionales de abastecimiento de agua para diferentes fines, mientras en algunas regiones la única fuente disponible. Avanzar en la consolidación de la información disponible sobre aguas

subterráneas ha sido el propósito de la subdirección de hidrología en los últimos años. (IDEAM, s.f.)

7.4.2. Muestreo de agua subterránea

La teoría del muestreo es funcional en todos los afluentes como aguas residuales, aguas tratadas, aguas naturales y aguas crudas

Por medio del muestreo del agua subterránea se identifican los componentes químicos inicialmente obtenidos en campo teniendo en cuenta los aspectos físicos y químicos para realizar un análisis detallado en el laboratorio

El muestreo debe seguir los siguientes pasos que se encuentran en el protocolo con el fin de optimizar su veracidad y garantizar las características del agua ubicada en el pozo

Las consideraciones que se tienen en cuenta son las siguientes:

1. “Muestras de agua deben ser representativas, almacenadas y transportadas al laboratorio para su análisis con una mínima perturbación”. (a) (Collazo, 2015)
2. “Los procedimientos utilizados para recopilar, almacenar y analizar las muestras deben cumplir con los objetivos del programa de monitoreo.”(b) (Collazo, 2015)
3. “Campañas de muestreo deben seguir protocolos internacionales, pero optimizado las condiciones locales.” (c) (Collazo, 2015)

Las funciones de los parámetros analíticos están directamente relacionados con la calidad del agua y los factores de contaminación generando una relación entre:

-La utilidad frecuente del agua subterránea

-La probabilidad de que los componentes requeridos no se encuentren dentro del margen normativo.

7.4.3. Dificultades de toma de muestra

Se debe tener claro que al momento de realizar los procedimientos puede aparecer diferentes dificultades para realizar la toma de las muestras tales como:

-La falta de personal con los conocimientos requeridos para ejecutar el muestreo

-El mal manejo de la toma de la muestra durante el empaque y el transporte

-Dificultad para llegar al punto de muestra o en el punto para la toma de la muestra.

7.4.4. Contaminación del agua subterránea

En las aguas subterráneas los contaminantes se pueden producir debido a diferentes factores, dentro de ellos se encuentran las lluvias debido a que estas se filtran a través del suelo y este lleva muchas veces contaminantes de la superficie a los acuíferos, cuando esto sucede muchas veces ocasiona que la contaminación se detecte en largos años, y llegando al punto de que esta agua contaminada llegue a otras zonas.

La calidad del agua subterránea se ve afectada por actividades de uso de suelos como lo son la minería la industria y la agricultura, el desarrollo de estas actividades causa contaminación en el agua cruda alterando de tal manera su composición química

Las fuentes comunes de contaminación de aguas subterráneas son:

“Naturales: El agua subterránea contiene algunos compuestos de origen natural que dependen de la naturaleza del material geológico a través del cual el agua se mueve y la calidad del agua de recarga.”(a) (eadic , 2016)

“Agrícolas: Los principales rasgos distintivos de la contaminación de origen agrícola son su carácter difuso y la necesidad de que los contaminantes atraviesen la zona no saturada hasta llegar al acuífero.”(b) (eadic , 2016)

“Industriales: La actividad industrial requiere la fabricación, procesamiento, transporte y el almacenamiento de numerosos compuestos químicos tóxicos.”(c) (eadic , 2016)

“Residenciales: Los vertidos de aguas residuales pueden ser una fuente de muchos tipos de contaminantes de las aguas subterráneas, incluyendo bacterias, virus, nitratos procedentes de residuos y compuestos orgánicos.”(d) (eadic , 2016)

“Los pozos de inyección utilizados para la eliminación de las aguas residuales domésticas pueden afectar a calidad del agua subterránea para consumo si están situados cerca de pozos de abastecimiento.”(e) (eadic , 2016)

También los desechos urbanos generados que en ocasiones se acumulan en los vertederos contaminan el suelo y debido a esto se origina la lixiviación de compuestos tóxicos que pueden llegar a las aguas subterráneas

La contaminación se clasifica en 3 tipos de afectaciones alta, se produce por fallas de infraestructura del pozo generando contaminación química y biológica, la moderada se produce durante las actividades de captación o daños en las tuberías y la mínima, causa leves contaminaciones cuando se generan fallas en las instalaciones.

Se encuentran riesgos ambientales según la secretaria de ambiente como:

a) Derrame o fuga de sustancias toxicas en la superficie o bodegas que posteriormente se infiltran (aceites y grasas, aguas residuales, residuos, químicos, etc.).(a) (Secretaria distrital de ambiente , 2011)

b) Hidrocarburos por filtración de tanques de almacenamiento subterráneo o derrames accidentales. (b) (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

c) Sobre explotación de los acuíferos poniendo en riesgo la recarga y normal funcionamiento del mismo. (c) (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

d) Inadecuado mantenimiento de los sistemas de extracción de los pozos. (d) (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

e) Contaminación biológica de las aguas subterráneas por sobrealimentación o mal funcionamiento de sistemas sépticos o fugas en la red de alcantarillado. (e) (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

f) Eliminación, impermeabilización o urbanización de las zonas de recarga de los acuíferos. (f) (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

Una vez contaminada, la limpieza del agua subterránea es muy complicada por su difícil acceso. Además, el uso indiscriminado de aguas subterráneas puede generar agotamiento del recurso. (Secretaría distrital de ambiente , 2011)

Se implementan estrategias eficaces y normatividades con el objetivo principal de preservar, conservar y proteger la calidad del agua subterránea, a diferencia del agua superficial el agua subterránea no se encuentra tan expuesta a agentes atmosféricos que permitan una alta tasa de contaminación

7.4.5. Características físico-químicas del agua subterránea

El agua subterránea contiene componentes fisicoquímicos debido a acciones naturales externas, que hacen que se generen propiedades como: temperatura, color, turbiedad, conductividad entre otras.

Turbiedad: La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. • Medida de cuántos sólidos (arena, arcilla y otros materiales)

hay en suspensión en el agua. •Mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez. (Gonzalez, 2011)

Color: El color de un agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre color y pH, de forma que cuando aumenta el segundo lo hace el primero. El color de las aguas profundas de lagos y embalses durante la época de estratificación térmica es marcadamente superior al del agua superficial. (Marin Galvin, 2003)

Olor-sabor: Fisiológicamente, los sentidos del gusto y el olfato están íntimamente relacionados ya que las papilas linguales y las olfativas detectan estímulos simultáneos y complementarios. Solamente existen cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. Todos los demás sabores se obtienen por interacción de estos reseñados.

Las fuentes de sabores y olores en un agua responden a dos orígenes: naturales y artificiales. Las primeras incluyen gases, sales, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y compuestos procedentes de la actividad vital de los organismos acuáticos. Los compuestos productores de olor/sabor de origen artificial pueden ser también orgánicos e inorgánicos y están probablemente más definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema. (Marin Galvin, 2003)

Conductividad: La conductividad es producida por los electrolitos disueltos un agua y en ella influyen: terreno drenado, composición mineralógica, tiempo de contacto, gases disueltos, pH y todo lo que afecte a la salubridad de sales. Existe una relación entre ella y el residuo seco que se ya vio más arriba. Concretamente, en un agua natural no muy contaminada, se cumple que el valor del residuo seco en mg/L oscila entre 0,5 y 1,0 veces el valor de conductividad, expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Marin Galvin, 2003)

pH: Se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en un agua, y la disolución de CO_3^{2-} e insolubilización de HCO_3^- , determinan el pH de un agua. El valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8,5, siendo las aguas subterráneas más ácidas que las superficiales. En lagos y embalses, el pH varía cíclicamente, disminuyendo con la profundidad del agua. Durante la mezcla el pH en la columna de agua es uniforme ($\pm 0,1$ - $0,15$ u. PH); durante la estratificación térmica, las aguas superficiales ricas en fitoplancton

que usan CO₂ como alimento aumentan mucho su pH (>9,0 u. pH). Las zonas profundas (pobres en O₂ y con flora reductora) exhiben valores de pH más bajos, del orden de 6,5 u. PH o inferiores (Marin Galvin, 2003)

Cloruros: En aguas subterráneas, las concentraciones pueden variar mucho en función de la intrusión marina en determinados acuíferos: así, en zonas del Levante español se han medido hasta 2 g/L; sin embargo, también pueden medirse contenidos tan bajos como 5 mg/L. Cloruros, fosfatos y nitritos son indicadores típicos de contaminación residual doméstica vertida a un cauce natural. (Marin Galvin, 2003)

Sulfatos: “Sulfatos Bastante solubles, proceden de disolución de yesos y de la oxidación bacteriana de sulfuros. Su concentración en ríos oscila entre 20 y 50 mg/L, alcanzando más de 400 mg/L en ríos mediterráneos” (Marin Galvin, 2003)

Hierro: El Fe presente en un agua proviene de disolución de rocas y minerales, así como de aguas residuales procedentes de la producción de acero y otros materiales. En general, el Fe se encuentra en forma trivalente en las aguas naturales superficiales, variando su concentración típicamente entre 0,01 mg/L y 0,30 mg/L, no superándose estos niveles ya que a valores de pH en torno a la neutralidad ya se produce la precipitación de Fe (OH)₃ hidratado que es la sal más común en medios hídricos oxigenados. Por contra, las sales de Fe divalente son apreciablemente más solubles, comenzando su precipitación por debajo de valores de pH=6,0. De este modo, las aguas subterráneas (o aguas profundas de lagos y embalses) ricas en CO₂ y poco oxigenadas, presentan con frecuencia más altos contenidos en Fe total que las aguas de superficie bien aireadas. Este proceso se favorece por la elevada estabilidad de los complejos entre Fe²⁺ y materia orgánica. Respecto a esto, aguas profundas de embalses y lagos prácticamente desprovistas de oxígeno disuelto ((Marin Galvin, 2003)

Alcalinidad: La alcalinidad de un agua determina su capacidad para neutralizar ácidos, esta capacidad debe definirse para ciertos rangos de pH. Así la alcalinidad TAC mide la capacidad de neutralización hasta pH = 4.5 y la alcalinidad TA hasta pH = 8.3. En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida prácticamente por los iones carbonato y bicarbonato aunque, en ocasiones, otros ácidos débiles como el silícico, fosfórico, bórico y ácidos orgánicos pueden contribuir de forma notable al desarrollo de esta propiedad (Glynn J & Gary , 2000)

Dureza: La dureza de un agua mide la capacidad de ésta para consumir jabón o producir incrustaciones, Aunque en la reacción con jabón para producir compuestos insolubles puede intervenir Ca, Mg, Fe, Mn, Cu. Na, Zn, etc. actualmente la dureza se define en términos de contenido en Ca y Mg (dureza total) (Rigola L, 1999)

Sólidos Totales: Son la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión. Los sólidos disueltos o salinidad total es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada, y los sólidos en suspensión es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser detenidos en un filtro (Rigola L, 1999)

Parámetros Microbiológicos

Normalmente las aguas crudas poseen una amplia variedad de microorganismos, estos pueden ser patógenos o no patógenos, los patógenos son aquellos que pueden ocasionar enfermedades a los seres vivos, ya sea un humano o animal, mientras que los no patógenos no generan efectos algunos, principalmente se pueden encontrar patógenos como bacterias, virus, algas, hongos, etc.

Los coliformes se utilizan para identificar posibles cambios en la localización biológica del agua, indicando que el cuerpo de agua ha sido contaminado con materia orgánica de origen fecal, tanto animal como humana, viéndose acelerada la productividad primaria de los cuerpos loticos. (Gualdrón, 2016)

La bacteria *Escherichia coli*: “distinguiéndose por su facilidad de crecer a elevadas temperaturas y por la capacidad de producir la enzima glucoronidasa.” (Gualdrón, 2016)

7.5. Tipos de sistemas de potabilización

Las obras o los componentes de los sistemas de potabilización según lo afirma el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000) pueden ser, desarenador, pre filtros, micro tamices, trampas de grasa y aceites, aireador, unidades de mezcla rápida y floculación, sedimentación, flotación, filtración, desinfección, estabilización, ablandamiento, adsorción sobre carbón activado, desinertización, desmagnetización, manejo de lodos, floculación lastrada, flotación.

Es necesario de antemano conocer: El tipo de fuente, la calidad del agua de la misma, las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas esenciales, los estudios de tratabilidad para seleccionar los procesos de potabilización, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, las características de producción que debe cumplir la fuente para el abastecimiento

que se requiere, la protección que debe suministrarse a este recurso y otros aspectos adicionales. (RAS, 2000)

Coagulación-mezcla rápida:

En este literal se establecen los requisitos mínimos de diseño de las unidades de coagulación-mezcla rápida. Se establecen los tipos de coagulantes y auxiliares de coagulación, con su dosis óptima; así como los estudios previos, características mínimas de las unidades y parámetros de diseño de los sistemas de mezcla rápida, como son: el resalto hidráulico, los difusores, los vertederos y los mezcladores mecánicos. (RAS, 2000)

El proceso de coagulación se basa en la normatividad de la resolución 0330 del 2017, realizando el método de mezcla rápida, por medio de dos (2) ensayos ya sea hidráulico o mecánico, donde se obtiene una dispersión de los coagulantes, la selección del mezclador óptimo, teniendo en cuenta la eficiencia de la remoción, la superficie de ocupación, entre otros.

Todo sistema de coagulación debe contar con una mezcla rápida capaz de dispersar los coagulantes en el tiempo requerido por el proceso. Si la coagulación es por desestabilización-adsorción, el tiempo debe ser menor de 1 segundo; si es por barrido, el tiempo debe estar entre 1 y 10 segundos (RAS, 2000)

Floculación

En este proceso se pueden emplear flocuradores hidráulicos y mecánicos. “Entre los floculadores hidráulicos que pueden ser implementados están los de flujo horizontal, flujo vertical, flujo helicoidal y Alabama.” (RAS, 2000)

Existen dos tipos de mezclas la rápida y la lenta las cuales poseen una característica en común deben estar a corta distancia, el floculador se selecciona entre mecánico o hidráulico viendo la mejor opción para el sistema. Según la resolución 0330 – 2017 se debe garantizar al menos 3 zonas diferentes de floculación con el fin de mitigar los gradientes de mezcla.

Floculadores hidráulicos:

-Floculador de flujo horizontal: Para utilizar floculador de flujo horizontal, el tanque debe estar dividido por pantallas de concreto u otro material adecuado, dispuesto de forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de las mismas. Debe dejarse suficiente espacio para la limpieza de los canales; si éstos son muy estrechos las pantallas deben ser removibles. (a) (RAS, 2000)

-Floculador de flujo vertical: En el floculador de flujo vertical el agua debe fluir por encima y por debajo de las pantallas que dividen el tanque. La unidad puede tener una profundidad de 2 m a 5 m, debe dejarse una abertura en la base de cada pantalla con un área equivalente al 5% del área horizontal del compartimiento, para prevenir la acumulación de lodos. (b) (RAS, 2000)

-Floculador Alabama En los floculadores Alabama debe ubicarse un codo en cada cámara para impulsar el fluido hacia arriba. Los codos deben colocarse de forma alternada, en una cámara a la derecha y en la que sigue a la izquierda; en el fondo debe dejarse un desagüe conectado a un múltiple para permitir la extracción de los lodos. En cada tabique debe dejarse una boca de drenaje. (c) (RAS, 2000)

-Floculador de flujo helicoidal En los floculadores de flujo helicoidal el agua debe entrar por el fondo, en la esquina de la cámara y debe salir por encima en la esquina opuesta; la cámara debe ser cuadrada o circular. Pueden usarse pantallas horizontales delgadas que cubran el 30% del área superficial; deben colocarse de manera que impidan la formación de cortocircuitos. Además, debe diseñarse un desagüe por cámara para la extracción de los lodos; se recomienda utilizarlos en aguas con baja turbiedad y que no contengan sólidos pesados en especial arena. (d) (RAS, 2000)

Floculadores Mecánicos

“Debe contarse con una fuente de energía exterior segura para garantizar una mezcla lenta mediante agitadores mecánicos. Los floculadores pueden ser giratorios (de eje horizontal o de eje vertical) o reciprocantes. El tipo de agitador mecánico usado es de paletas.” (RAS, 2000)

Deben adicionarse pantallas con el fin de prevenir cortocircuitos en el tanque. La entrada y la salida del tanque deben diseñarse de manera que eviten los cortocircuitos y la destrucción de los flóculos. En los floculadores de eje horizontal debe disponerse cuando sea necesario de un pozo seco al lado del tanque para colocar los motores. Pueden también usarse correas en V o cadenas. En este último caso, siempre y cuando quede protegido de la corrosión, el motor se coloca en el borde del tanque. (RAS, 2000)

El floculador mecánico produce un efecto negativo a causa de carencia de flexibilidad, y maneja una constante en la velocidad, la resistencia en unidades de tiempo maneja una variable por las diferencias del caudal de tal manera este aumenta o disminuye.

SEDIMENTACION:

Los sedimentadores que pueden emplearse son el de flujo horizontal y flujo vertical. También puede realizarse la sedimentación en unidades con manto de lodos, los que a su vez se dividen en sedimentadores de manto de lodos de suspensión hidráulica y sedimentadores de manto de lodos de suspensión mecánica. Puede además emplearse los sedimentadores de alta tasa. (RAS, 2000)

La sedimentación consiste en realizar un análisis hidráulico según la resolución 0330 – 2017 con el fin de dividir igualitariamente los componentes de entrada y el caudal en la zona de sedimentación, durante todo el proceso hasta la entrega final del sistema.

Sedimentadores de flujo: horizontal, vertical o de alta tasa. Deben hacerse estudios estadísticos de calidad del agua cruda que cubran por lo menos un periodo de lluvias y uno seco. Si la turbiedad alcanza valores de 1000 UNT por periodos continuos mayores de quince días debe hacerse pre tratamiento (RAS, 2000)

La estructura de sedimentadores convencionales con un promedio alto de unidades y analizando la altura del patrón que se utiliza, se debe examinar los funcionamientos referentes a la carga, analizando la velocidad de sedimentación y tiempo de retención, según la resolución 0330 debe haber un espaciamiento exiguo de 1.60 m.

Sedimentador con manto de lodos: Deben hacer estudios estadísticos de la calidad del agua cruda que cubran por lo menos un periodo de lluvias y uno seco, si la calidad es muy variable en corto tiempo o si la turbiedad es mayor de 500 UNT por periodos continuos superiores a quince días que puedan densificar la masa de partículas, o con turbiedades menores de 10 UNT por periodos mayores que impidan formar un lecho adecuado de partículas en el 50% del tiempo, no se debe usar sistemas de mantos de lodos. (RAS, 2000)

FITRACION:

Este proceso se puede realizar por filtración rápida o filtración lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente y descendente. Puede filtrarse por gravedad o por presión, el lavado puede ser intermitente o continuo. También puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de pre filtración. (RAS, 2000)

Filtración rápida. Debe filtrarse agua previamente tratada (coagulación y/o floculación con o sin sedimentación o flotación) para lograr la remoción de las últimas partículas que no hayan sido retenidas por el sedimentador. (RAS, 2000)

Se elabora un análisis de alternativas de diferentes criterios, con el objetivo de identificar la tipología de filtración, considerando la turbiedad de salida y las unidades de referencia para el lavado de los filtros según la resolución 0330 – 2017 las unidades mínimas son tres (3) y cuando se maneja el lavado mutuo las unidades deben ser cuatro (4) respetando la velocidad ascensional menor de 0,6 m/min.

DESINFECCIÓN

Este es un proceso selectivo para destruir microorganismos patógenos. Existen en el agua (bacterias, protozoos, virus y parásitos). Este proceso es necesario porque no puede garantizar una eliminación completa microorganismos producidos mediante procesos físicos y químicos, generalmente utilizados en tratamiento de aguas.

Es obligatorio en todos los niveles de confiabilidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse esta la cloración, ozonación, desinfección con dióxido de cloro, con rayos ultravioleta entre otros procesos que se describen con más detalle en este capítulo. (RAS, 2000)

CONTROL DE SABOR Y OLOR

Estas características son ciertas sensorial y subjetivo, ninguna herramienta puede tallar. Estos parámetros son obvios para los consumidores porque son Se sentirán (el agua con pH bajo sabe mal).

Una combinación de control de la fuente, monitoreo y tratamiento debe realizarse para minimizar el contenido de trazas orgánicas y actividad biológica que ofrecen deficiencia en la calidad del agua del efluente de la planta. Los compuestos químicos que contienen el elemento carbón o trazas orgánicas, a excepción de cianuros y carbonatos. (RAS, 2000)

Deben clasificarse en los siguientes grupos para poder tomar medidas correctivas: 1. Compuestos orgánicos que causan problemas de olor. Para la determinación remitirse a la Norma ASTM D 1292-86. 2. Compuestos químicos orgánicos sintéticos. 3. Precursores que reaccionan con desinfectantes para producir subproductos de desinfección, como acetona, resorcinol y ácidos húmicos y fúlvicos. Estos deben ser medidos indirectamente por medio de análisis de potencial de formación de trihalometanos. 4. Compuestos orgánicos naturales, a los cuales no se les da importancia de los problemas toxicológicos que puedan producir. (RAS, 2000)

DESFERRIZACIÓN Y DESMANGANETIZACIÓN

El agua que contiene hierro y manganeso (la determinación del hierro y manganeso debe realizarse de acuerdo con la ASTM D 858-95 y D 1068-90) causa problemas de color, favoreciendo el crecimiento de bacterias autotróficas en los sistemas de distribución por lo cual debe llevarse un control sobre estos elementos, ya que pueden presentar pérdidas por fricción, producir malos olores y obstruir boquillas, líneas y válvulas. Los valores admisibles de hierro total presente en el agua es 0.3 mg/L y para el manganeso es 0.1 mg/L, respectivamente se recomiendan valores inferiores a 0.2 mg/L y preferiblemente 0.05 mg/L. (RAS, 2000)

TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

En este caso la floculación lastrada y la flotación DAF solo se podrá utilizar en niveles medio alto y alto de complejidad del sistema.

Flotación DAF Debe realizarse ensayos a nivel de laboratorio y planta piloto, ya que ésta depende del tipo de partículas. Los factores que deben ser considerados en el diseño incluye la concentración de sólidos, cantidad de aire usado, velocidad de ascenso de las partículas y la carga de sólidos. Para los ensayos de laboratorio se recomienda el uso de la celda de flotación. Para optimizar el proceso de flotación debe determinarse el pH, la dosis de coagulante óptima y el porcentaje de recirculación de agua presurizada. (RAS, 2000)

Floculación lastrada Para la determinación de los parámetros de diseño y las condiciones de operación, deben realizarse ensayos a nivel de laboratorio y planta piloto para la aplicación de esta tecnología; de estos ensayos se determinaran los parámetros de diseño y operación. (RAS, 2000)

Separación por membranas El tipo de membrana debe seleccionarse de acuerdo a la meta de tratamiento que se tiene; desalinización, remoción de compuestos de alto peso molecular, orgánicos o microorganismos. Las membranas disponibles son de tipo homogénea, asimétrica o composita, su composición química es variada: acetato, diacetato o tri acetato de celulosa, poliamidas aromáticas, polietilenimina o de naturaleza mineral (alúmina Al_2O_3 , carburo de silicio, carbón, etc.) (RAS, 2000)

7.6. Marco conceptual

En el siguiente marco se darán a conocer los conceptos que se emplearon durante el proceso de la investigación y la propuesta

Conceptos:

Agua subterránea: “El agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. En general, mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona”. (Ambientum, 2017)

Acuíferos: “Un acuífero se define como una formación geológica que está constituida por una o más capas de rocas, capaz de almacenar y ceder el agua. Se sitúa en el suelo en la zona denominada “zona saturada””. (Iagua, 2018)

Aljibe: “El aljibe es un modelo tradicional árabe, es una cisterna para almacenar agua a la cual se accedía a través de una abertura. Los aljibes fueron depósitos de agua potable, por su construcción se descartaba la contaminación y las filtraciones.” (Fasani, 2020)

Agua potable: “Es la que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas, de tal manera que no genera un riesgo para la salud. El agua para consumo humano debe ser transparente, sin color ni sabor, y no debe tener sólidos suspendidos.” (Subdirección de salud ambiental , 2015)

Pozo: “perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción” (Secretaría distrital de ambiente , 2018)

Cartografía: La ciencia de trazar de manera digital o manual un plano, mapa o carta. Con el fin de especificar alguna característica puntual como ubicación, estado, vías, ríos, entre otros.

GPS: “El sistema GPS (Global Positioning System) consiste en una constelación de satélites (en la actualidad 21 activos y 3 de reserva) que difunden continuamente un mensaje de navegación usando una secuencia de señales mediante la técnica de espectro ensanchado” (Martínez, Mena , & Clossa , 1995)

Calidad del agua: “Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar.” (USGS science for a changing world , 2017)

Contaminación del agua: “La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua.” (contreras, 2016)

PH: “El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua.” (Water boards , 2015)

Potabilización: “consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua.” (unusual, s.f.)

Agua cruda: “Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)

Color aparente del agua: el color se genera por residuos de sustancias disueltas en el agua, o sustancias suspendidas en el líquido que produce un cambio de color en ella

Análisis físico-químico del agua: “Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)

Análisis microbiológico: “Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)

Zona de muestra: “Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa de la calidad de agua” (Aguas regionales EPM s.a e.s.p., s.f.)

Escherichia coli: “son bacterias gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos.” (college of agriculture and life sciences , 2014)

Alcalinidad. Capacidad del agua para neutralizar ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato calcio (CaCO_3). (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Coagulación. Aglutinación de las partículas coloidales suspendidas presentes en el agua, por efecto de cambio de carga eléctrica suscitado por la adición de coagulantes. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Coagulantes. Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Color. Característica del agua debida a la presencia de partículas coloidales y material suspendido. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Conductividad. Expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Norma técnica colombiana. Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización de Colombia. (Decreto 1595 de 2015). (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Sedimentación. Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Sistema de potabilización de agua. Conjunto de procesos y operaciones unitarios para purificar el agua y que tienen por objeto hacerla apta para el consumo humano. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Turbiedad Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión. (RAS, 2000)

7.7. Marco Legal

- **Resolución 2115 del 2007**

Según la resolución anteriormente nombrada brinda los conceptos necesarios para el decreto como el análisis microbiológico del agua, análisis básicos, análisis complementarios, análisis físico y químico del agua, característica, cloro residual libre, coliformes, color aparente, Dosis letal media, población servida o atendida, prevalencia de sustancias químicas, sustrato definido enzimático.

ARTÍCULO 3°.- CONDUCTIVIDAD. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano. (Ministerio de la protección social, 2007)

ARTÍCULO 5°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. (Ministerio de la protección social, 2007)

ARTÍCULO 8°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS RELACIONADAS CON LOS PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación. Estas concentraciones no se aplican a las características señaladas en los artículos 5°, 6° y 7° de la presente Resolución.

1. La concentración máxima aceptable presente en el agua es de 0,0001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:

a) Las características químicas reconocidas por el Ministerio de la Protección Social como cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas o las referencias reconocidas por el mencionado Ministerio. No se incluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación.

b) Las características químicas cuyo valor DL50 oral mínimo reconocido sea menor o igual a 20 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.

c) Las características cuya información reconocida por el Ministerio de la Protección Social, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.

d) Las características químicas de origen natural o sintético sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas. (Ministerio de la protección social, 2007)

- **Resolución 0330 de 2017**

La resolución aprueba los protocolos técnicos que se deben ejecutar en las fases de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación con respecto a los servicios del acueducto, alcantarillado y aseo

La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

“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)

La Resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Dentro de este proyecto nos rigen los artículos 107, 108 y 109 de la resolución 0330 de 2017, además es necesario la ayuda de la tabla 4, del artículo 109, donde nos muestra las tecnologías de los tratamientos de potabilización.

ART. 107. —**Caracterización de agua cruda.** Deberán desarrollarse las siguientes actividades para la caracterización del agua cruda del cuerpo de agua abastecedor:

Paso 1. Definición de parámetros de calidad mínimos que se estudiarán: se deberán, como mínimo, determinar in situ: temperatura, pH y conductividad; y en el laboratorio: turbiedad, color, pH, alcalinidad, hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, nitratos, dureza, nitrógeno y fósforo (estos dos últimos en el caso de presencia de actividades agrícolas). Como parámetro microbiológico se tendrá que determinar *E. Coli*, y en el caso de confirmarse su presencia, deberá verificarse si existen otros patógenos en el cuerpo de agua abastecedor, a partir de las inspecciones sanitarias y el mapa de riesgo de calidad de agua. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 2. Búsqueda de información de referencia: deberá recopilarse y analizarse toda la información a nivel primario y secundario, tomando como fuentes de datos principales los Mapas de Riesgo de la calidad de agua, inspecciones sanitarias realizadas en campo y plantas de tratamiento existentes en el cuerpo de agua de estudio. También deberá verificarse la información disponible en bases de datos de las autoridades ambientales locales, regionales, de la persona prestadora de servicios públicos municipal, de instituciones educativas de nivel superior que contengan estudios académicos representativos, e información que pueda proveer la comunidad, entre otros, especialmente si se ha identificado un contaminante potencialmente peligroso. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 3. Muestras mínimas para la representatividad del estudio y períodos climáticos de muestreo: deberán tomarse como mínimo tres muestras puntuales en una semana, cada una en un intervalo mayor a 24 horas, en un período no menor a tres semanas, en el sitio de captación durante un período seco y de igual manera para un período de lluvias, como valoraciones primarias. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 1º—En el caso en que se utilice una fuente de agua subterránea, como parte del paso 1 del presente artículo, deberá completarse con la medición de los siguientes parámetros: sodio, CO₂, magnesio, manganeso, arsénico, selenio y boro. Los procedimientos y estudios de calidad del agua subterránea se incluyen en los trabajos hidrogeológicos indicados en el artículo 50 de la presente resolución. Así mismo, como complemento del paso 2, se tendrán que obtener los mapas hidrogeológicos de la zona de localización de los pozos. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 2º —En el caso en que se utilice como fuente de agua un cuerpo de agua léntico, como parte del paso 1 del presente artículo deberá complementarse la medición con estudio algal. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 3º —Dependiendo de las características del uso del suelo en la cuenca, se deberán incluir otros contaminantes, entre ellos los denominados emergentes.

ART. 108. —**Estudios de tratabilidad y/o toxicidad del agua cruda.** Deberán desarrollarse las siguientes actividades, con el fin de establecer la definición de criterios y parámetros de diseño de los tratamientos para el agua cruda del cuerpo de agua abastecedor: (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 1. Idoneidad del personal para toma de muestras, calidad de insumos y pruebas de laboratorio: los responsables del proyecto deberán corroborar la competencia del personal y la acreditación del laboratorio donde se realizarán las pruebas y ensayos de caracterización del agua cruda. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 2. Alcance de los análisis y ensayos de laboratorio: se ejecutarán los análisis para caracterizar el agua cruda con los parámetros de calidad indicados en el Paso 1 del protocolo. Para la definición de los criterios de diseño de los procesos unitarios convencionales se deberán realizar ensayos de dosificación de coagulantes, gradientes de velocidad, tiempos de mezcla, sedimentación, filtración y desinfección, acompañados de bioensayos acuáticos, con el fin de determinar la presencia de contaminantes tóxicos y la necesidad de realizar ensayos adicionales. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 3. Evaluación de la eficiencia de los procesos a nivel de laboratorio: de acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio para las distintas muestras tomadas in situ, corresponderá al responsable del proyecto evaluar la eficiencia del uso de los procesos convencionales, y la posible necesidad de incluir otras tecnologías que refuercen el tren de tratamiento. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 4. Comparación y análisis estadístico de resultados: con la totalidad de la información recopilada, primaria y secundaria, deberá hacerse un trabajo estadístico que permita visualizar de manera clara los valores medios, máximos, mínimos y si es posible, ajustes a una distribución de probabilidad, con el fin de generar curvas representativas para la selección de alternativas, y que posteriormente sean complementadas en la operación de la PTAP. En el caso de utilizar información secundaria que no se considere adecuada o coherente respecto a la información primaria, deberá descartarse su empleo en el estudio de caracterización. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Paso 5. Conclusiones y definición del tren de procesos: el producto final de la caracterización de agua cruda, y las pruebas y ensayos de tratabilidad ya aceptados sus resultados, serán la definición del tren de procesos unitarios que se van a implementar para la potabilización del recurso hídrico captado del cuerpo de agua seleccionado, teniendo en cuenta el riesgo sanitario identificado, y la eliminación de los factores externos contaminantes. Las conclusiones y recomendaciones serán consignadas en un informe que contemple todas las actividades realizadas, así como el resultado de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 1º—Si la capacidad de producción de la planta es igual o mayor a 1 m³/s, deberá implementarse una planta piloto a escala técnica, y realizar el monitoreo continuo de sus operaciones. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 2º—En caso de que por motivos de fuerza mayor, previa justificación de los responsables del proyecto y habiendo agotado todos los procedimientos anteriores, no se logren resultados confiables y representativos para escenarios con turbiedades altas, a la luz de las condiciones típicas de la fuente de abastecimiento en estudio, será obligatorio preparar una muestra sintética, cuyo propósito es simular las condiciones propias de la fuente a partir de la inspección sanitaria en campo realizada en la microcuenca hidrográfica. Con dicha muestra se tendrán que repetir los pasos 2 y 3. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

PAR. 3º—El procedimiento definido en el párrafo 2º de este artículo aplica para los casos de emergencia manifiesta, en los cuales los tiempos de reacción para restablecer el servicio de agua potable deben ser muy cortos. (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

SECCIÓN 3

Tecnologías y procesos unitarios de tratamiento

ART. 109. —**Tipos y procesos unitarios de potabilización.** Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas. Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de acuerdo a las tecnologías planteadas en la tabla 4 (MIINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

TABLA 4.

Tabla de tecnologías de tratamiento, artículo 9, Resolución 0330 de 2017.

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

Tabla 4 Tecnología de Tratamiento. Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)

El responsable del proyecto deberá evaluar la posibilidad de combinar tecnologías convencionales y tecnologías avanzadas, según las necesidades de tratamiento de acuerdo con la caracterización del agua cruda. En todos los casos, antes de la instalación de tecnologías avanzadas, deberán ser valoradas las eficiencias y condiciones actuales de la infraestructura existente. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2017)

Artículo 27 del decreto 1575 2007

REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA AUTORIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS QUE REALIZAN ANÁLISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Sin perjuicio de los demás requisitos exigidos por las demás autoridades competentes, el Ministerio de la Protección Social autorizará anualmente a los laboratorios que pueden realizar los análisis físicos, químicos o microbiológicos al agua para consumo humano, tanto para control como para vigilancia y diagnóstico general, los cuales deben cumplir como mínimo, con los siguientes requisitos (Ministerio de la protección social, 2007)

1. Infraestructura, dotación, equipos y elementos de laboratorio necesarios para realizar los análisis. (a) (Ministerio de la protección social, 2007)
2. Personal competente en esta actividad. (b) (Ministerio de la protección social, 2007)
3. Participar en el Programa Interlaboratorio de Control de Calidad del Agua Potable – PICCAP-, que lidera el Instituto Nacional de Salud cuya inscripción es anual. (c) (Ministerio de la protección social, 2007)
4. Tener implementado un Sistema de Gestión de la Calidad y Acreditación por Pruebas de Ensayo ante entidades nacionales o internacionales que otorguen dicho reconocimiento. (d) (Ministerio de la protección social, 2007)

Resolución 1615 de 2005

“Por la cual se autorizan laboratorios para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano” (Ministerio de salud y protección social, 2015)

Resolución 4353 de 2013

“Por la cual se autorizan laboratorios para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

Norma técnica colombiana NTC-ISO5667-1

Esta norma establece los principios generales que se deben aplicar en el diseño de programas de muestreo para los propósitos de control de calidad, la caracterización de la calidad, y la identificación de las fuentes de contaminación del agua, incluyendo los sedimentos y los lodos. (Norma Técnica Colombiana NTC-ISO5667-1, 1995)

Norma técnica colombiana NTC-ISO5667-2

“Esta norma constituye una guía sobre técnicas de muestreo utilizadas con el fin de obtener los datos necesarios para hacer análisis con propósitos de control de calidad, caracterización e identificación de fuentes contaminantes del agua.” (Norma Técnica Colombiana NTC-ISO5667-2, 1995)

Norma técnica colombiana NTC-ISO5667-3

“Esta norma suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de agua, con excepción de las muestras microbiológicas.” (Norma Técnica colombiana NTC-ISO5667-3, 2004)

8. RECURSOS

8.1. RECURSO HUMANO

Dayanna Cardoso: Estudiante de Ingeniería Civil, semestre N. 10. Ponente de trabajo de grado

Juan David Ramírez: Estudiante de Ingeniería Civil, semestre N. 10. Ponente de trabajo de grado

Jesús Flaminio Ospitia: Tutor de proyecto de grado

Óscar Efrén Ospina: Tutor de proyecto de grado

Laboratorista: encargado de analizar las pruebas tomada

8.2. RECURSO MATERIAL

Computador Portátil: TOSHIBA, serial ZE084438P

Civil 3D 2020

Google Earth

Word 2020

Nevera: embalaje de muestras

GPS: ubicación de pozos

Equipo Laboratorio:

- Termómetro infrarojo de temperatura
- Conductímetro Tds&Ec meter(hold)
- Ph digital ATC

9. METODOLOGÍA

La investigación que se utilizara para el desarrollo de este proyecto es de tipo descriptiva porque es un método cualitativo que se utiliza en investigaciones donde el objetivo es evaluar algunas características y/o situaciones particulares por medio de números y/o variables y además experimental porque es un método investigativo que se utiliza para recolección de datos los cuales se comparan con los comportamientos de una determinada situación, este método, también implica manipulación, observación y registro de variables, por lo consiguiente, por medio de este proyecto se analizará y caracterizará la calidad del agua subterránea del pozo ubicado en la finca El Arbolito, ubicada en la vereda La Caimanera, en el Municipio del Espinal-Tolima.

La resolución 0330 del 2017 establece los parámetros para caracterizar para aguas crudas y adicionalmente también cuenta con las características para aguas subterráneas; cabe resaltar que con la resolución 2115 de 2007 identificara los valores máximos aceptables de las características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, teniendo en cuenta que por ser de tipo experimental se lograran analizar los resultados y por medio de esto evaluar el tren de potabilización y proponer aquel que mejor se adecue tal como lo dice la resolución 0330 de 2017 en el artículo 109, la cual indica que se deben garantizar todos los estándares de calidad de agua para el consumo humano.

La NTC-ISO 5667-1, la cual indica los principios que se den de implementar para el diseño de programas de muestreo para el desarrollo del proyecto, de igual forma, también permite encontrar la caracterización de la calidad y las posibles fuentes contaminantes, de igual forma se debe de tener en cuenta la NTC-ISO 5667-2 debido a que esta permite establecer las técnicas de muestreo para el control de calidad, la caracterización de la calidad y la identificación de las fuentes de contaminación del agua, con la NTC-ISO 5667-3 nos permite establecer las directrices generales para las precauciones que se deben de tener en cuenta a la hora de tomarlas muestras y el transporte de estas, al tener en cuenta las estas normas junto con la resolución 0330 del 2017 estas muestras se estudiaran para analizar los diferentes componentes físicos, químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas, y de esta manera observar e identificar la contaminación que posee, para así poder proponer el sistema de potabilización del agua subterránea.

Es importante resaltar que el artículo 50 de la resolución 0330 del 2017 concreta como requisito mínimo el de entregar la geología, información de pozos, calidad de agua, entre otros, en cuanto al punto de explotación de las aguas subterráneas para la toma de la muestra de laboratorio.

9.1. Trabajo de campo:

Inicialmente se realizará una exploración de campo en donde se tendrá en cuenta la zona aledaña al punto en que se realizará el estudio, en este caso los puntos de fuentes de agua subterránea aledaños a la finca el arbolito, ubicada en la vereda La caimanera, en el municipio de El Espinal-Tolima, en donde se tendrá en cuenta los parámetros establecidos en la resolución 0330 del 2017 en el artículo 107 en el paso 1 en donde especifican los parámetros de calidad mínimos in situ de aguas crudas.

Luego de tener los parámetros establecidos se diseñará las fichas técnicas en las cuales se mostrará los datos obtenidos en la exploración en campo.

9.2. CASO DE ESTUDIO

- **9.2.1. Procedimiento toma de muestra:**

Inicialmente se establece punto de muestreo o la fuente del agua subterránea a la cual se le realizarán los análisis de calidad y se caracterizarán sus componentes físicos, químicos y microbiológicos. En este caso el punto establecido es el pozo que se encuentra ubicado en la finca El Arbolito, en la vereda Caimanera, en el municipio del Espinal-Tolima, en donde se llevará a cabo el proceso establecido por la norma técnica colombiana NTC-ISO 5667-3.

- **9.2.2. Precauciones con las muestras:**

- En cuanto a la selección de recipientes para muestras microbiológicas se implementará “una botella que esta provista de tapones de base de vidrio o tapas roscadas que tengan, si es necesario, empaques de cucho de silicona que resistan la esterilización repetida a 160°” (NTCISO 5667-3, 2004). En cuanto a las muestras físicas y químicas utilizará “una botella taponada de peso conocido, se sumerge en el cuerpo de agua a una profundidad preseleccionada, se le quita el tapón de la botella y se llena y se extrae” (NTCISO 5667-3, 2004). Se debe tener claro que los materiales de los que se compongan los recipientes deben ser inactivos tanto química como biológicamente, para prevenir reacciones entre la muestra y el recipiente

- Para la preparación de los recipientes el lavado de los plásticos y los vidrios se puede realizar con detergente, solventes o ácidos.

-Para las muestras físicas químicas los recipientes se deben llenar completamente y evitar que, entre aire del medio a la muestra, para evitar la oscilación durante el transporte.

Análisis del laboratorio: luego de determinar el punto de muestreo se procede a tomar la muestra para analizar en el laboratorio teniendo en cuenta la resolución 03-30 del 2017 en el art. 107 se deben tener los parámetros mínimos de calidad como lo son la temperatura, el pH y la conductividad en aguas crudas, luego se realiza una muestra para el análisis de la turbiedad, olor, pH, alcalinidad, hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, nitratos, dureza, nitrógeno y fosforo, adicional a esto por ser una fuente de agua subterránea se realizarán análisis de sodio, CO₂, magnesio, manganeso, arsénico, selenio y boro, estos estudios se deben realizar en laboratorios autorizados por el ministerio de salud y protección social esto de acuerdo a la resolución 1615 del 2015.

Al tener el punto de muestreo escogido y una vez realizado los laboratorios, se procede a comparar los valores obtenidos con la resolución 2115 del 2007, la OMS y el decreto 1594 de 1984, en donde se tendrá en cuenta los valores máximos permitidos para el consumo humano, posteriormente se debe de tener en cuenta la resolución 0330 del 2017 para el diseño del tren de procesos establecidos en el artículo 109 de dicha resolución.

10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta de proyecto de grado titulada “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS, CASO DE ESTUDIO POZO FINCA EL ARBOLITO-UBICADO EN LA VEREDA CAIMANERA EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL-TOLIMA TENIENDO EN CUENTA LA CARACTERIZACIÓN FISICA, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA.” Se desarrolla inicialmente con un análisis del entorno en donde se quería verificar su localización, los límites de dicha vereda, el clima y los usos del terreno según el PBOT, posteriormente, se realizó una exploración en campo en el cual se seleccionaron 5 puntos de agua subterránea (pozo o aljibe) que se encontraran aledaños al pozo principal, a estos se les realizaron una caracterización fisicoquímica INSITU para aguas crudas, estos parámetros se desarrollan bajo la resolución 0330 de 2017.

Seguido a esto se realizan al pozo principal el cual se ubica en la finca El Arbolito, los análisis de laboratorio físico químicos y microbiológicos donde de igual manera estos se desarrollan bajo la resolución 0330 de 2017 y sus resultados son comparados con la resolución 2115 de 2007, una vez realizados los respectivos análisis se escoge el tren de procesos establecidos en la resolución 0330 de 2017 que cumpla con los parámetros para remover los contaminantes y así documentar el sistema de potabilización que se dejara propuesto para mejorar la calidad de estas aguas subterráneas.

10.1. ANALISIS DEL ENTORNO

10.1.1. Localización

El Municipio de El Espinal se encuentra ubicado en el departamento del Tolima, este es el segundo municipio más importante y además poblado del departamento, es bastante reconocido por ser “la capital de arroz”, además se destaca por conservar bastantes costumbres aun y sus deliciosas comidas típicas, debido a esto y a su cercanía con municipios aledaños como Girardot, el guamo, la ciudad de Ibagué entre otros es un lugar de gran atracción para los turistas.

Los dos (2) lados de las vías que dé El Espinal conduce al Puerto de la Caimanera, la Carretera principal que de Espinal conduce al Guamo, la Troncal que de Espinal conduce a Ibagué hasta el puente sobre el río Coello, el sector de la variante y la carretera Panamericana que de Espinal conduce a Girardot deberán ambientarse paisajísticamente sembrando cualquier árbol nativo de

flores racimosas, distanciados entre si diez (10) metros (Espinal Tolima, 2016-2019)

Además de esto tiene un área rural bastante extensa, llena de bastantes paisajes agradables, demasiadas zonas verdes y está rodeado del río Magdalena y el río Coello.

“El área rural del municipio de Espinal, está conformada por 6 corregimientos, 27 veredas” (Espinal Tolima, 2016-2019) La vereda la caimanera hace parte de una de estas 27 veredas

El suelo suburbano según el PBOT del municipio del Espinal corresponde a las zonas ubicadas dentro del suelo rural “pero donde se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, siendo diferente al suelo de expansión urbana, puede ser objeto de desarrollo con usos restringidos, de intensidad y de densidad” (Concejo municipal del Espinal Tolima, 2001) , esta área del suelo cuenta con 23 Has. 3537M2. (Concejo municipal del Espinal Tolima, 2001)

El suelo rural del Espinal como también lo afirma el PBOT del municipio se encuentra conformado por 27 veredas que hacen parte de los 6 corregimientos que componen el municipio. En la vereda La Caimanera se encuentran distintas áreas en donde se pueda desarrollar actividades socio-económicas, estas se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas:

TABLA 5.

La tabla 5 muestra las coordenadas en las que se encuentra ubicada la vereda La Caimanera.

VEREDA LA CAIMANERA		
MOJON	NORTE	ESTE
207	950.211.4039	912.358.8636
208	949.955.1780	913.450.0682
209	950.009.6439	913.854.7354
210	950.296.6526	914.106.3281
211	950.295.1774	914.605.8514
212	950.449.3594	915.981.0540
213	950.211.1017	916.568.5895
214	950.062.8971	916.855.7111
215	949.642.6163	917.440.8640
216	949.858.9738	917.871.6626
217	949.329.9121	916.263.7137
226	948.856.0506	918.066.0877
227	948.460.0638	918.045.8074
228	946.853.1938	918.696.0733
156	946.647.5418	918.618.1189
157	946.752.3729	918.021.9774
158	946.451.2937	917.557.2121
159	946.840.2829	917.262.4522
160	946.858.2783	916.327.5626
161	947.615.5770	914.677.7480
147	947.559.0664	914.417.6280
221	947.815.6756	913.997.6585
222	947.628.3536	913.576.1435
223	948.037.3617	913.270.1370
224	949.498.5913	912.130.0768
225	949.540.9827	912.305.4154

Tabla 5 Coordenadas de la vereda. Fuente: (Concejo municipal del Espinal Tolima, 2001)

La vereda La Caimanera hace parte del corregimiento 4 del municipio del espinal, la cual indica el PBOT de El Espinal cuenta con un área total en Has. De 1690,10. (Concejo municipal del espinal tolima, 2001)

10.1.2. CLIMA

“La temperatura promedio es de 29° C. A pesar de su baja altura, El espinal tiene en sus épocas de invierno un clima agradable.” (Gobernacion del Tolima, 2019).

10.1.3. TERRENO

El suelo rural según el PBOT del municipio afirma que

Los usos están vinculados con lo propio, relativos a la actividad agrícola, pecuaria o forestal, bien sea de agricultura intensiva, Semi intensiva, de pastoreo o de los procesos de establecimiento y explotación, forestal o silvopastoril como también todas las actividades comerciales, industriales, mineras que alrededor de estas se desarrollan (Concejo municipal del espinal tolima, 2001)

La vereda la caimanera se encuentra en un terreno totalmente plano y a su alrededor se pueden observar fincas y/o tierras donde el uso principal del suelo es agropecuario en donde se llevan a cabo actividades agrícolas tales como la siembra de arroz, maíz y algodón, esta vereda también es hogar de bastante vegetación, se constituye de ambientes bastantes tranquilos, en donde se puede acercar un poco más a la naturaleza, las personas tienen bastante sentido de pertenencia por sus costumbres y la amabilidad es una característica de este lugar. Se encuentra rodeada de bastantes fuentes fluviales, como quebradas y el Río Magdalena.

10.2. FINCA EL ARBOLITO

La finca el Arbolito es un lugar bastante productivo, se localiza sobre la vía principal de la vereda la caimanera, esta finca consta de 5 HAS, las cuales están distribuidas en 4 HAS para el cultivo de arroz, y 1 HAS siembra de palos de mango, en donde con esta actividad se ven beneficiados los habitantes de la finca, de igual forma, en la hectárea se encuentra la vivienda, el pozo de aguas subterráneas, y la maquinaria implementada para el desarrollo de la actividad agricultora.

10.3. Exploración de campo

Inicialmente se realizó una exploración en campo en donde se lograron encontrar cinco (5) puntos de aguas subterráneas, en donde todos eran aljibes, todos estos se encuentran ubicados en zonas aledañas a la finca El Arbolito la cual es el caso de estudio en donde se encuentra un (1) pozo de aguas subterráneas, para lograr entrar a cada uno de ellos se tuvo que tener en cuenta la autorización de los propietarios, posteriormente, se realizó la caracterización de los parámetros establecidos en la resolución 0330 de 2017 para aguas crudas los cuales son: PH, conductividad eléctrica, temperatura y los sólidos disueltos, de igual forma, se pudo observar el color, el olor y la apariencia que tienen estas.

TABLA 6.

Trabajo de campo. Punto 1.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	Maria del Carmen Aguirre	ALTURA	312
	VEREDA	NORTE	04° 07,424'
	Caimanera	ESTE	74° 49,667'
	TEMPERATURA (°C)		29,6
	PH		8,2
	STD (mg/l-ppm)		199
	EC (µs / cm)		306
	COLOR		Incolora
	OLOR		Inolora
	USO DEL AGUA		Uso domestico
	APARIENCIA		Clara

La

Tabla 6 Caracterización fisicoquímica punto 1. Fuente: Autoría Propia

vivienda donde se localiza este aljibe se encuentra conformada por 2 personas mayores, quienes lo utilizan en las actividades de la casa, el aljibe está construido en concreto y además lo tienen superficialmente tapado con tejas apuntilladas, los usuarios realizan la extracción del recurso por medio de una motobomba, este aljibe se construyó aproximadamente hace 25 años y posee una profundidad de 18m.

TABLA 7.

Trabajo de campo. Punto 2.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	Damaris Perdomo Cardoso	ALTURA	312
	VEREDA	NORTE	04° 07,167'
	Caimanera	ESTE	74° 49,623'
	TEMPERATURA (°C)	32,5	
	PH	7,8	
	STD (mg/l-ppm)	113	
	EC (µs / cm)	826	
	COLOR	Incolora	
	OLOR	Inolora	
	USO DEL AGUA	Uso domestico	
	APARIENCIA	Clara	

Tabla 7 Caracterización fisicoquímica punto 2. Fuente: Autoría Propia

La vivienda donde se encuentra el aljibe número 2 está habitada actualmente por 4 personas, entre estas se encuentra un menor, el recurso obtenido por medio de este aljibe es de uso doméstico, su estructura es de concreto y se encuentra superficialmente sellado y extraen el agua por medio de una moto bomba, este aljibe se realizó hace aproximadamente 30 años, tiene una profundidad aproximada de 20m.

TABLA 8

Trabajo de campo. Punto 3.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	Edith Bolaños	ALTURA	316
	VEREDA	NORTE	04° 07,462'
	Caimanera	ESTE	74° 50, 060'
	TEMPERATURA (°C)	32,2	
	PH	7,5	
	STD (mg/l-ppm)	113	
	EC (µs / cm)	226	
	COLOR	Incolora	
	OLOR	Inolora	
	USO DEL AGUA	Agricola	
	APARIENCIA	Clara	

Tabla 8 Caracterización fisicoquímica punto 3. Fuente: Autoría Propia

El aljibe número 3 se localiza en una vivienda conformada por cinco (5) personas, su estructura es hecha en concreto, tiene una profundidad de 5 metros y su uso es agrícola debido a que lo utilizan para abastecer el cultivo de arroz que se encuentra en este terreno cuando las canales no llevan suficiente agua a los cultivos, este se encuentra construido hace aproximadamente 28 años.

TABLA 9

Trabajo de campo. Punto 4.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	María Olinda Lara Guzman	ALTURA	315
	VEREDA	NORTE	04° 07,546'
	Caimanera	ESTE	74° 50, 050'
	TEMPERATURA (°C)	31,5	
	PH	7,6	
	STD (mg/l-ppm)	140	
	EC (µs / cm)	280	
	COLOR	Incolora	
	OLOR	Inolora	
	USO DEL AGUA	Uso domestico	
	APARIENCIA	Clara	

Tabla 9 Caracterización fisicoquímica punto 4. Fuente: Autoría Propia

El aljibe número 4 tiene según la propietaria aproximadamente 100 años, su familia se ha abastecido toda la vida de esta fuente, actualmente en la vivienda son 5 las personas que utilizan el recurso, este es completamente doméstico, cuenta con una profundidad de 14m.

TABLA 10.

Trabajo de campo. Punto 5.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	Lola Villalva	ALTURA	320
	VEREDA	NORTE	04° 07,424'
	Caimanera	ESTE	74° 50, 150'
	TEMPERATURA (°C)	31,7	
	PH	7,7	
	STD (mg/l-ppm)	149	
	EC (µs / cm)	299	
	COLOR	Incolora	
	OLOR	Inolora	
	USO DEL AGUA	Uso domestico	
	APARIENCIA	Clara	

Tabla 10 Caracterización fisicoquímica punto 5. Fuente: Autoría Propia

El aljibe 5 se encuentra ubicado dentro de la escuela de la vereda, la construcción de este fue realizada hace aproximadamente 50 años, el uso de esta agua es totalmente doméstico, cuenta con una profundidad de 20m.

TABLA 11.

Trabajo de campo. Punto 6.

EXPLORACIÓN DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICO/QUIMICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	NOMBRE DEL PROPIETARIO	LOCALIZACIÓN DEL PUNTO	
	Adolfo Ortegón	ALTURA	312
	NOMBRE DEL RECINTO	NORTE	04° 07,586'
	Finca Arbolito	ESTE	74° 50, 174'
	VEREDA	Caimanera	
	TEMPERATURA (°C)	30	
	PH	6,8	
	STD (mg/l-ppm)	168	
	EC (µs / cm)	337	
	COLOR	Incolora	
	OLOR	Inolora	
	USO DEL AGUA	Agrícola	
	APARIENCIA	Clara	

Tabla 11 Caracterización fisicoquímica punto 6. Fuente: Autoría Propia.

El punto 6 es el único pozo analizado, su construcción fue realizada hace aproximadamente 60 años, cuenta con una profundidad de 22 metros y generalmente el uso de agua de este es agrícola, debido a que en su predio se encuentran cultivos de arroz y cuando estos no reciben el agua necesaria, sus propietarios lo utilizan para regarlos, además riegan la jardinería que se encuentra en el lugar.

10.3.1. ANALISIS DE LOS PARAMETROS INSITU FISICOQUIMICOS

Se realizó el análisis insitu de los componentes fisicoquímicos de los puntos mencionados anteriormente, por medio de estos se realizaron ensayos de PH donde se evidencio que las aguas cumplen con los valores que según la resolución 2115 de 2007 para PH están entre 6,5 y 9, y en los puntos analizados esta entre 6,8 y 8,2, conductividad y solidos disueltos, también cumplen debido a que según la resolución 2115 de 1007 se encuentra entre un valor Max de 1000 microsiemen/cm y los análisis insitu arrojaron como valor Max 826, y como estos valores no sobre pasan el 50% del valor aceptable no indica cambios alarmante en los sólidos disueltos.

La tabla muestra el valor Max y el valor mínimo encontrado en estas aguas y se realizó un promedio de estos valores. (Ver tabla 9.) Las gráficas muestran a detalle los resultados mencionados. (Ver ilustraciones 6, 7,8)

TABLA 12.

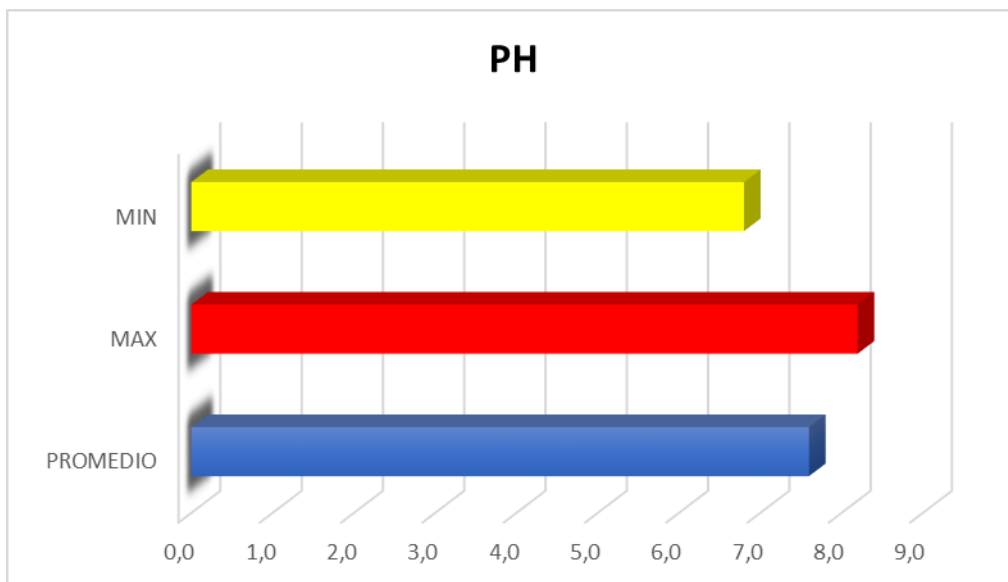
Parámetros Fisicoquímicos del agua, análisis datos Insitu.

PARAMETROS FISICOS - QUIMICOS DE LA AGUAS				
ANALISIS DE DATOS	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	STD (mg/l - ppm)
PROMEDIO	7,6	379	31,6	147
MAX	8,2	826	32,5	199
MIN	6,8	226	29,6	113

Tabla 12 Parámetros Fisicoquímicos de las aguas Fuente: Autoría propia.

GRAFICA 1.

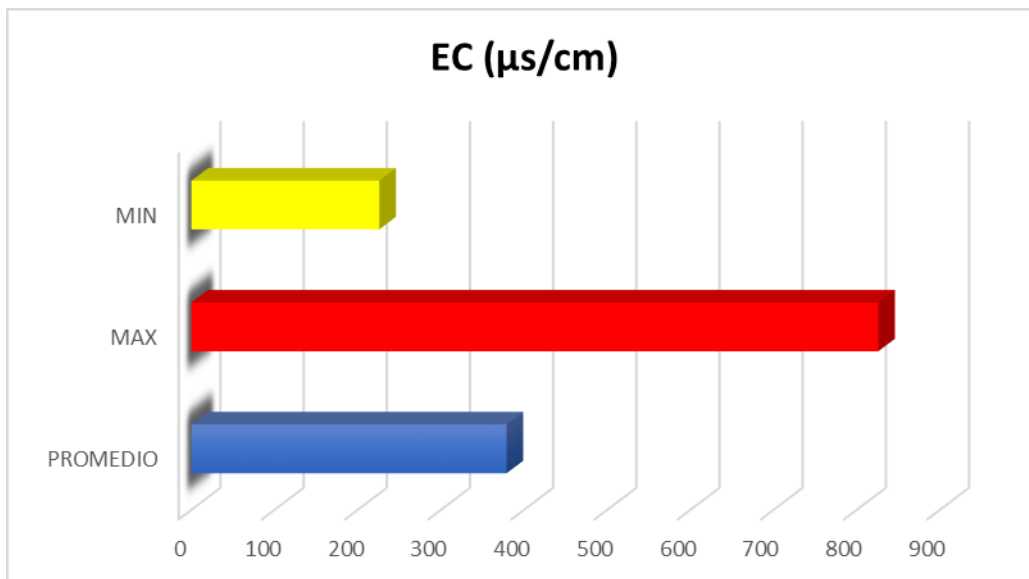
Grafica valor máximo, valor mínimo y promedio de los datos obtenidos Insitu.



Grafica 1 PH. Fuente: Autoría propia.

GRAFICA 2.

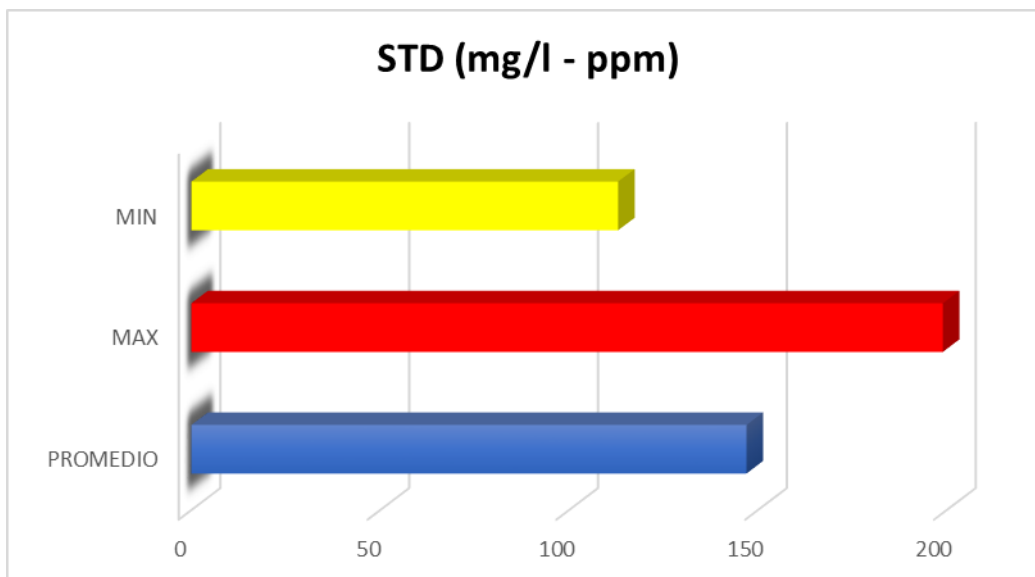
Grafica valor máximo, mínimo y promedio conductividad eléctrica.



Grafica 2 Conductividad Eléctrica. Autoría propia.

GRAFICA 3.

Valor máximo, mínimo y promedio de los sólidos disueltos totales.



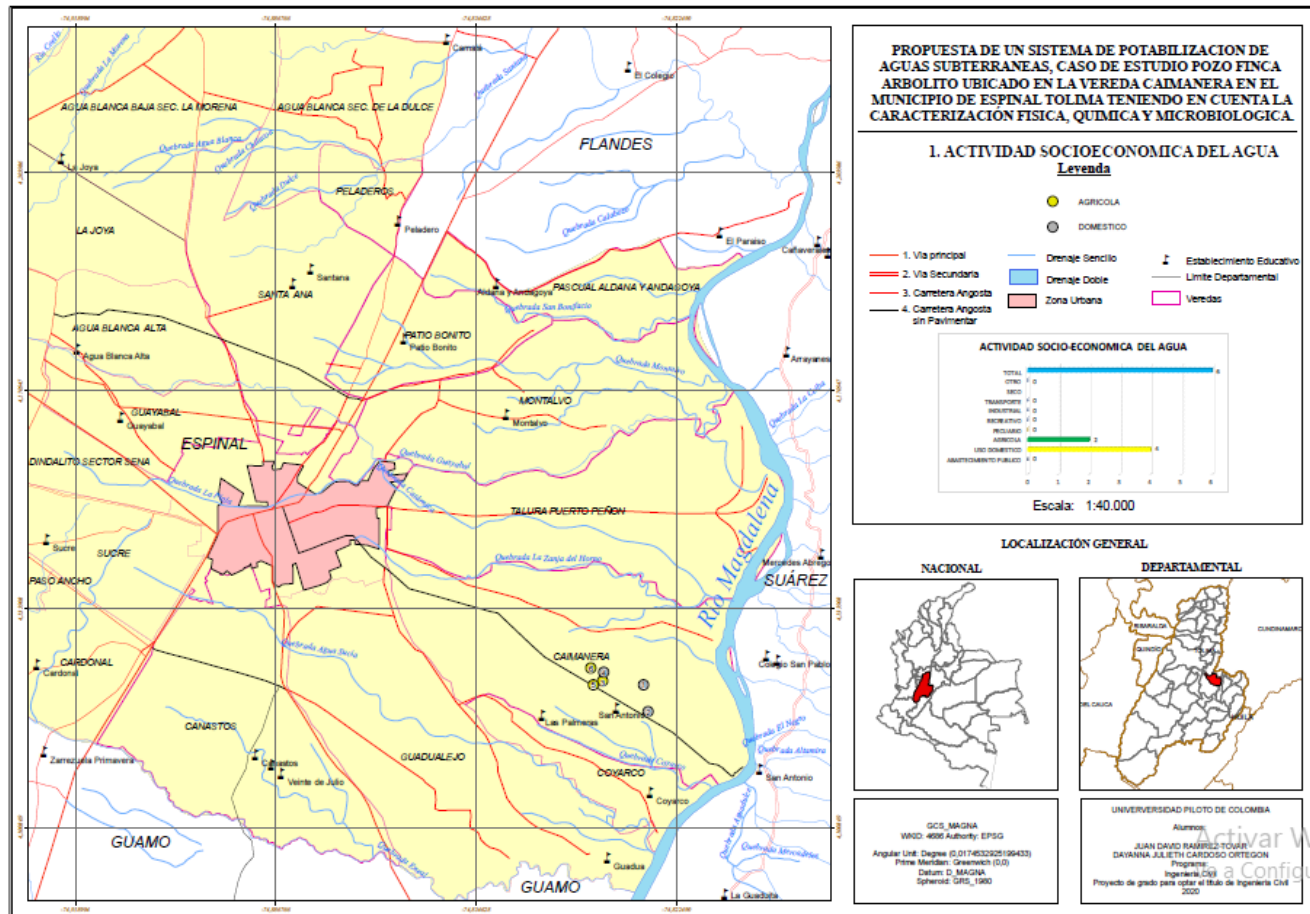
Grafica 3 Solidos Disueltos totales. Autoría propia.

10.3.2. CARTOGRAFÍAS

Debido al análisis fisicoquímico realizado a 6 puntos de la zona se desarrollaron 4 cartografías donde se analizan diferentes características importantes de la zona, tales como actividad socioeconómica, estado del punto, tipo de estructura y profundidad.

CARTOGRAFIA 1.

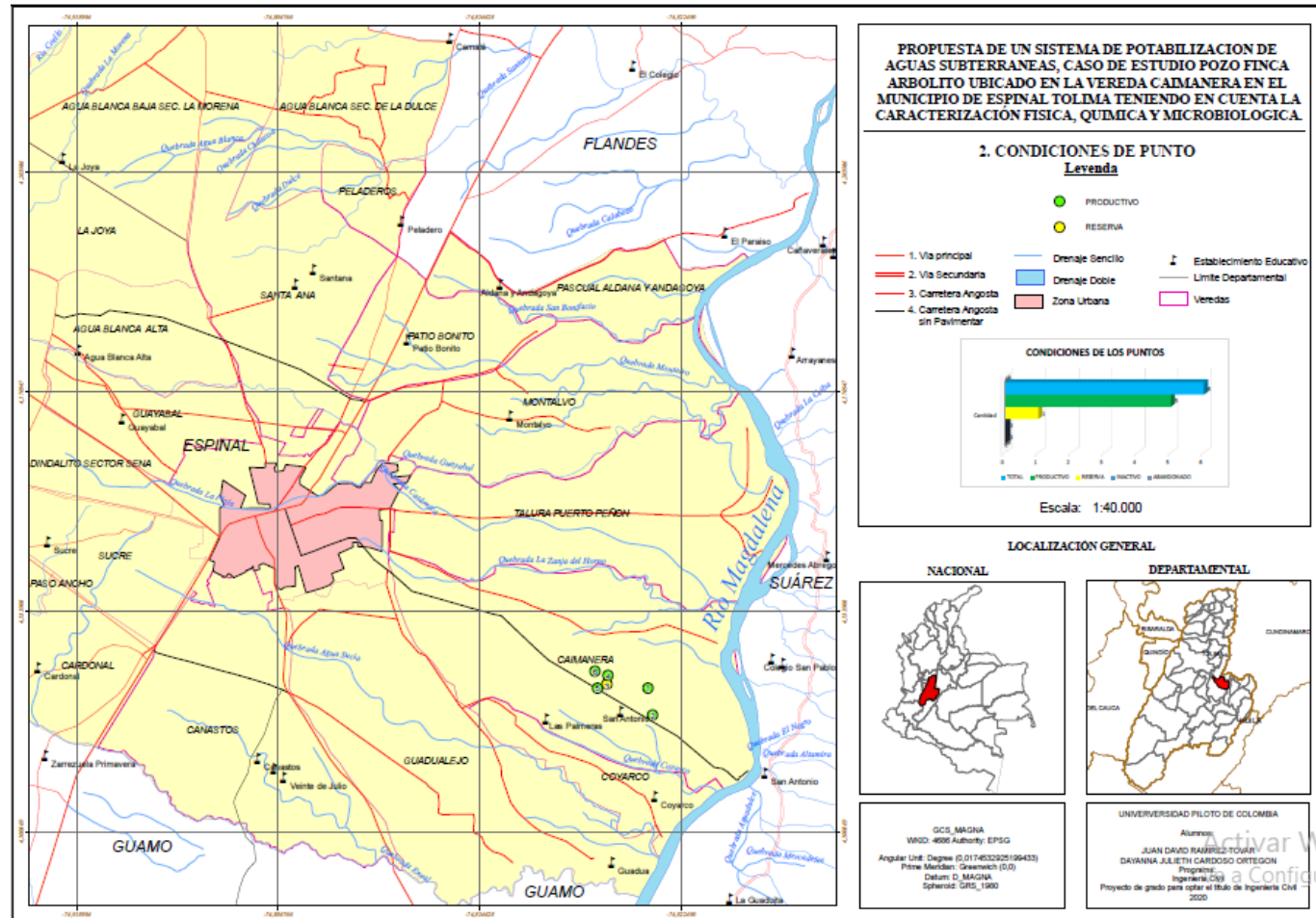
Actividad socio económica del agua de los puntos.



CARTOGRAFIA 1 Actividad Socio Económica Del Agua. Autoría Propia.

CARTOGRAFIA 2

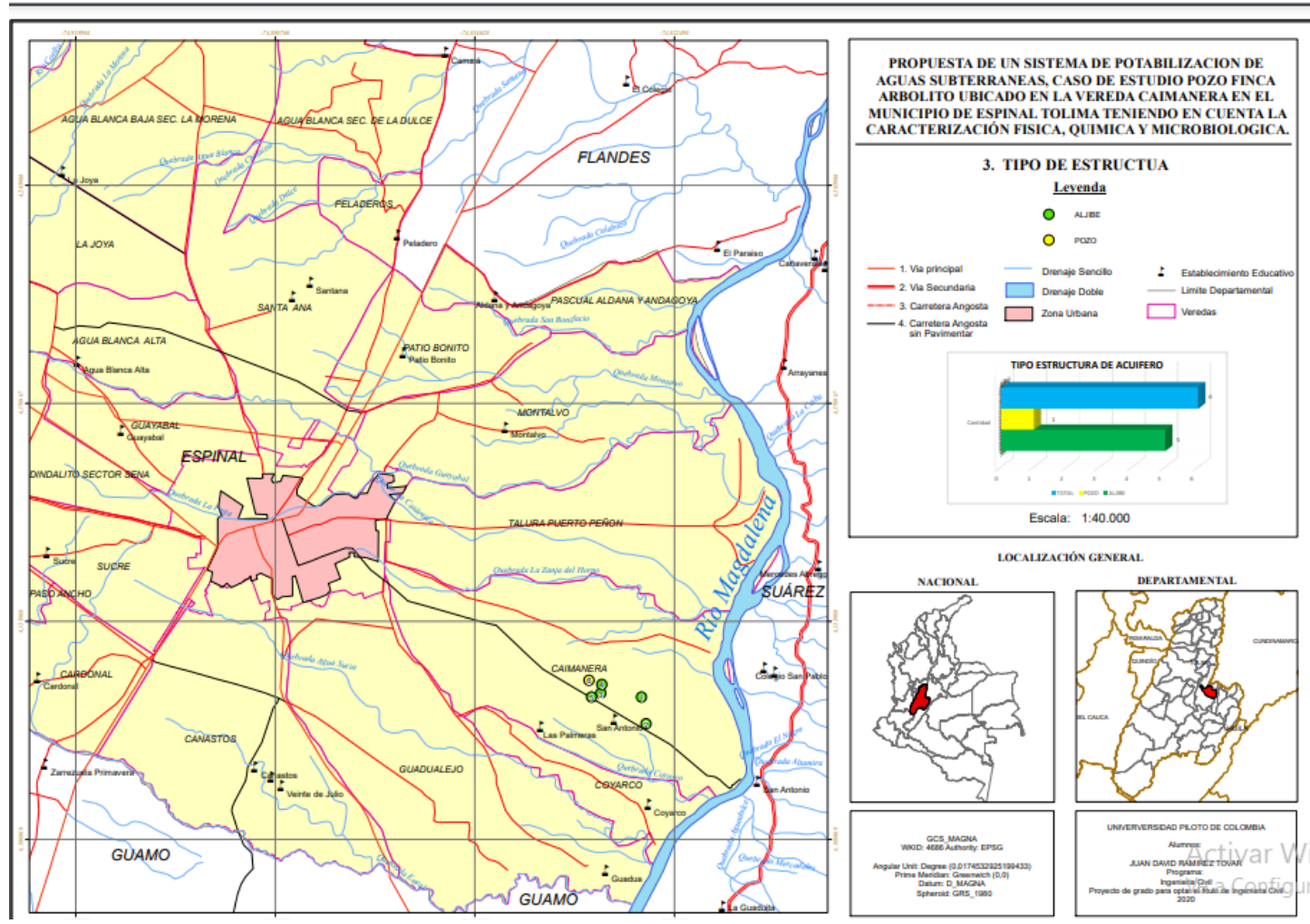
Condiciones en las que se encuentran los puntos analizado.



CARTOGRAFIA 2 Condiciones del punto. Autoría propia.

CARTOGRAFIA 3

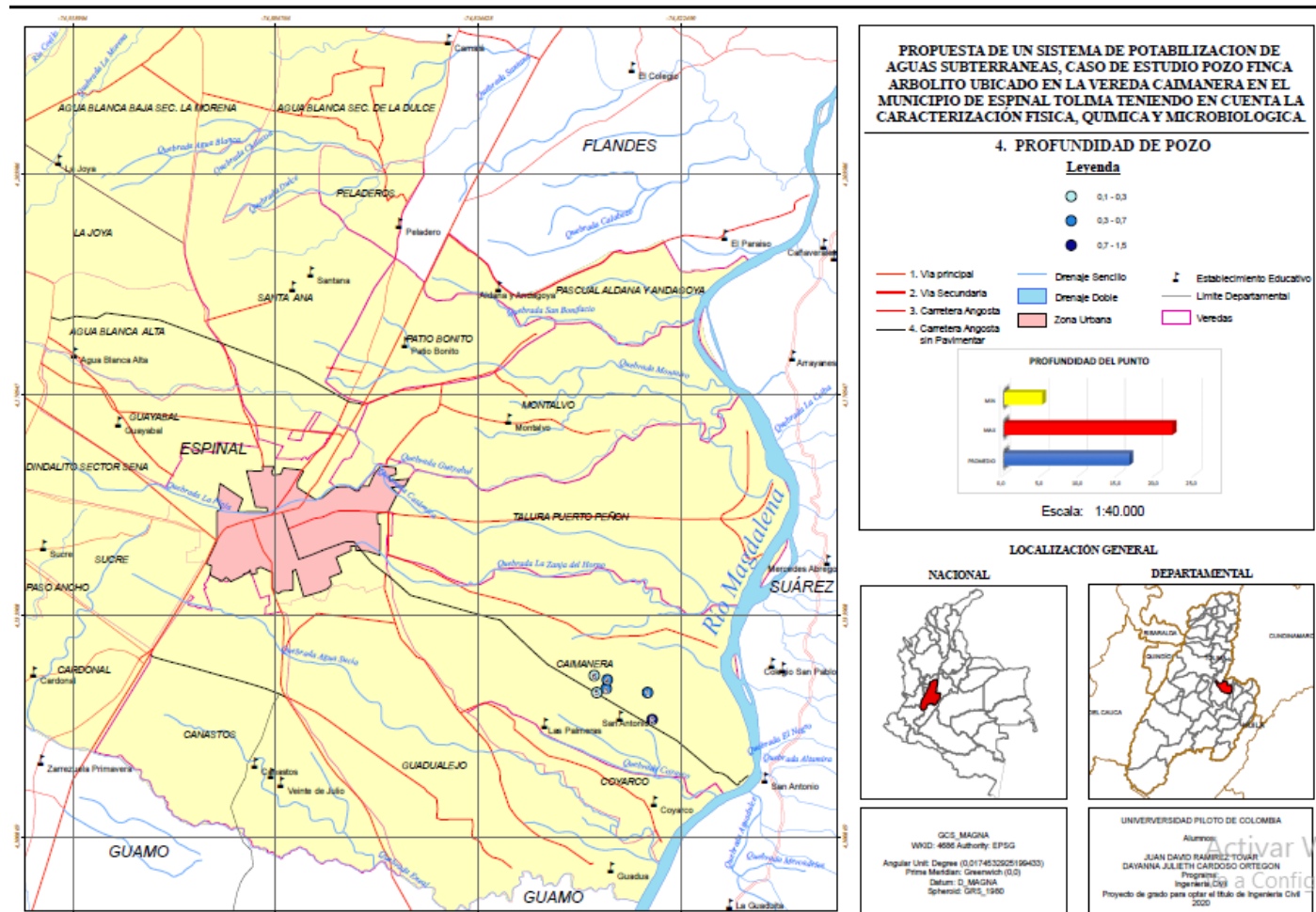
Tipo de estructura de los puntos.



CARTOGRAFIA 3 Tipo de Estructura de los Puntos. Autoría propia.

CARTOGRAFIA 4

Profundidad de los puntos analizados.



CARTOGRAFIA 4 Profundidad de los puntos Autoría propia.

10.3.3. Análisis de las cartografías.

Por medio del desarrollo de cartografías se visualizaron de manera independiente 4 aspectos físicos sobresalientes en el entorno de la vereda caimanera, donde se analizaron 6 puntos de captación siendo estos aledaños al caso de estudio teniendo en cuenta una Geo-Referenciación para ser precisos en la distribución y localización de los pozos o aljibes utilizando el método GPS.

En la primera Cartografía se caracterizó por su actividad socio económico la cual comprendía los usos del agua analizando las opciones de los posibles usos del agua tales como uso doméstico, uso agrícola, uso pecuario, uso recreativo, uso industrial, transporte, seco donde se determinaron dos (2) puntos de captación son de uso agrícola y cuatro (4) son de uso doméstico entendiendo así que el uso doméstico predomina debido a que la población no posee acceso a un buen sistema de acueductos, ocasionando esto que deban utilizar el recurso hídrico subterráneo.

En la segunda cartografía, encontramos las condiciones del punto dentro de estas características se encuentran condiciones como productivo que son aquellos los cuales su uso es necesario para suplir con las necesidades hídricas de las personas, abandonado se denomina de esta manera debido a que se encuentran inactivos ya sea por condiciones técnicas o económicas, y de reserva siendo estos aquellos que se utilizan cuando se generan imprevistos que impidan la obtención del fluido, de acuerdo el análisis realizado podemos observar cómo cinco (5) de estos seis (6) pozos y aljibes son productivos y solo uno de estos se encuentra en reserva, esto debido a que son necesario su funcionamiento para el diario vivir de esta población.

En la tercera cartografía, logramos observar el tipo de estructura que es el punto evaluado, los cuales se dividen en pozos y aljibes, denominando como pozos a los puntos que se encuentran perforados directamente desde el subsuelo y los aljibes aquellos son aquellos que cuentan con estructura arquitectónica que tiene como fin depositar o recoger el agua pluvial, según la visita a campo se encontró que cinco (5 de los seis (6) analizados son aljibes y solo el punto el cual se está analizando de manera completa es el único pozo.

Y, por último, en la cuarta cartografía, nos especifica las profundidades en metros lineales manejadas en cada uno de los puntos, el aljibe 1 cuenta con una profundidad de 18m, el aljibe 2 cuenta con una profundidad de 20m, el aljibe 3 cuenta con una profundidad de 5m, siendo así el punto con menor profundidad, el aljibe cuatro tiene una profundidad de 14m, el aljibe 5 cuenta con una profundidad de 20m y el ultimo el cual además es el punto analizado para el desarrollo del proyecto cuenta con una profundidad de 22m siendo este el que contiene mayor profundidad.

10.4. ANALISIS DE DATOS FISICO QUIMICOS DEL PUNTO DE ANALISIS

En la finca El Arbolito se localiza el pozo de aguas subterráneas que es el punto en donde se desarrolla la propuesta, este cuenta con un método de extracción del recurso por bombeo mecánico, para el desarrollo de esta actividad las entidades encargadas de realizar los laboratorios físico-químicos y microbiológicos regidos a los parámetros establecidos para la toma de muestras de agua cruda NTC-ISO 5667-1-2-3-11 son AGUASLAB S.A.S. y ANALQUIM LTDA; estos resultados se compararon con los valores máximos aceptables que nos facilita la resolución 2115 de 2007 y se determinó si cumplían con los parámetros permisibles para el consumo humano como lo muestra la siguiente tabla.

TABLA 13.

Comparación de datos con la resolución 2115 de 2017.

N°	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (Según Res.2115-2007)	RESULTADOS (Resultados Laboratorio)	PARAMETROS PERMISIBLES PARA EL CONSUMO HUMANO
1	Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	200	126	Cumple
2	Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	3	Cumple
3	Olor y Sabor	Fisica	Aceptable o No Aceptable	Aceptable	Cumple
4	Conductividad Electrica de Campo	mS/cm	1000	365	Cumple
5	Dureza Total	mg CaCO ₃ / L	300	180	Cumple
6	Fosforo Total	mg-P/L	0,5	0,8	No Cumple
7	N-Total Kjeldahl (NTK)	mg N-N _{org} /L	10	7,3	Cumple
8	N-Total	mg-N/L	10,1		Cumple
9	N-Nitrato	mg N-NO ₃ /L	10	0,3	Cumple
10	N-Nitrito	mg N-NO ₂ /L	0,1	0,337	Cumple
12	Cloruros	Cl ⁻	250	5	Cumple
13	Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250	46	Cumple
14	pH en Campo	Unidades de pH	6,5 -9,0	6,8	Cumple
15	Turbiedad	NTU	2	0,2	Cumple
18	Arsénico	mg As/L (ppm)	0,01	0,005	Cumple
20	Hierro	mg Fe / L (ppm)	0,3	0,020	Cumple
21	Magnesio	mg Mg / L (ppm)	36	36,7	No Cumple
22	Manganeso	mg Mn / L (ppm)	0,1	0,007	Cumple
23	Selenio	mg Se / L (ppm)	0,01	0,005	Cumple

Tabla 13 Datos de laboratorio vs valores máximos aceptables por la resolución 2115 de 2007. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

Analizando los resultados expedidos por AGUASLAB S.A.S y ANALQUIM LTDA. se identificaron las características físicas-químicas y microbiológicas que se localizan en el agua subterránea del pozo evaluado, se determinó que la alcalinidad (mg, CaCO₃ / l), conductividad eléctrica (Ec mS/ cm), color aparente (UPC) , la dureza (mg, CaCo₃ / L), N-TOTAL (mg-N/L), N-Nitrato (mg N-NO/L), N-Nitrito (mg N-NO/L), P-Fosfatos (mg P-PO/l), Cloruros (CR), PH en campo (unidades de pH), Turbidez (NTU), Hierro (mg Fe/L(ppm)) y el Manganeso (mg Mn/L (ppm)) cumplen

satisfactoriamente los parámetros establecidos por la resolución 2115 de 2007, el decreto 1594 / 1984 y la Organización mundial de la salud, teniendo en cuenta la normativa anterior se establece que los en el caso de los siguientes aspectos Arsénico (mg As/L (ppmm)) y el selenio (mg Se / L (ppmm)) no están en el rango aceptable de la resolución 0330 de 2017 y existe la presencia del escherichia coli en un 35 unidades formadoras de colonias (35ufc / 100 ML), con los resultados previamente analizados se realiza una selección del tren de procesos que mejor remueva estos contaminantes.

La presencia de los contaminantes existentes puede generarse debido a diversos factores, en este caso el fosforo puede tener presencia a causa de la contaminación de aguas por fertilización de los suelos agrícolas.

El magnesio en el agua generalmente se presenta en aguas catalogadas como “agua dura” y el agua analizada según los resultados de laboratorio se encuentra en este rango los cuales son:

0-75 mg/l CaCO_3 – Agua Blanda

75-150 mg/l CaCO_3 – Agua semi dura

150-300 mg/l CaCO_3 – Agua Dura

Más de 300 mg/l CaCO_3 – Agua muy Dura.

Datos obtenidos de (Sierraa, 1987)

El escherichia coli es un contaminante que se presenta debido a la contaminación del agua por la presencia de residuos animales (tales como ganado) y/o humanos, esta puede entrar a las aguas subterráneas por medio de las lluvias o derretimientos de nieve.

10.5. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO RESOLUCION 2115 DE 2007

TABLA 14.

Características FISICAS.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Tabla 14 Características físicas Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007)

TABLA 15.

Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

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

Tabla 15 Características químicas con efecto en la salud humana. Resolución 2115-2007. Fuente (Ministerio de la protección social, 2007)

TABLA 16.

Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Tabla 16 Características Químicas con Implicaciones en la salud Humana. Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007)

Tabla 17.

Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud Humana.

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

Tabla 17 Características Químicas con mayor consecuencia económica e indirecta sobre la salud humana. Resolución 2115-2007. Fuente: (Ministerio de la protección social, 2007)

11. PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA AL POZO DE LA FINCA EL ARBOLITO, VEREDA LA CAIMANERA, MUNICIPIO DE ESPINAL TOLIMA.

De acuerdo a la caracterización físicas, químicas y microbiológicas que se encontraron en el pozo localizado en la finca El Arbolito, en la vereda La Caimanera del municipio de Espinal-Tolima, el cual es el caso de estudio de este proyecto; Con los resultados de los análisis de laboratorio y con base a la resolución 0330 de 2017, artículo 9, tabla 4. Estos resultados se pueden comparar con esta tabla, y de esta forma se puede determinar la tecnología más adecuada para la remoción de

contaminantes, por lo que se seleccionó la Filtración convencional + Filtración iónica + Desinfección.

TABLA 18.

Tecnologías de tratamiento para aguas crudas según la resolución 0330 de 2017 y los datos del pozo analizado.

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

Tabla 18 Tecnología de Tratamientos de Potabilización. Fuente: Resolución 0330-2017. Art 109. Tabla 4.
Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)

ART. 114. —Filtración convencional. Debe desarrollarse un estudio de alternativas multicriterio, con el fin de definir el tipo de tecnología de filtración que se utilizará. Teniendo en cuenta la turbiedad objetivo de salida, el dimensionamiento de las unidades deberá tener como referencia los criterios de la tabla 10 y la tabla 11. (Ministerio de vivienda, 2017)

TABLA 19.

Características de filtración convencional

Parámetro	Filtración lenta con lecho simple	Filtración rápida con lecho simple	Filtración rápida con lecho mixto
Tasa de filtración (m ³ /m ² /d)	7 – 14	< 120	180 – 350
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 – 0,9	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3

Tabla 19 Características de Filtración convencional. Fuente (Ministerio de vivienda, 2017)

TABLA 20.

Rangos de tasa de filtración lenta en múltiples etapas (FIME)

Parámetro	Filtración lenta en arena	Filtro grueso dinámico	Filtro grueso ascendente
Tasa de filtración (m ³ /m ² /d)	7 – 14	48 – 72	7,2 – 14,4
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 (0,2 cada capa)	0,4 – 0,9

Tabla 20 Rangos de Tasa de filtración lenta en etapas. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

PAR.—Cuando el lavado de los filtros rápidos se hace con fuente externa o tanque de lavado, el número mínimo de unidades debe ser tres; y para lavado mutuo el número mínimo de unidades debe ser cuatro, y su velocidad ascensional no menor de 0,6 m/min. (Ministerio de vivienda, 2017)

Por medio de la filtración convencional se remueven los contaminantes tales como:

El *Escherichia coli*, y los fosfatos para lograr la remoción de estos por medio de esta tecnología, el método de filtración que propone este proyecto es el de los filtros lentos de arena.

Estos filtros lentos de arena se combinan con varios mecanismos que sirven para la limpieza del agua y dentro de estos se incluye la filtración mecánica y la de sedimentos, pero se utiliza principalmente como filtro biológico. “en los que un ecosistema microbiano se desarrolla como un biofilm en las partículas de arena y contribuye al proceso de limpieza, pudiendo eliminar una amplia gama de contaminantes microbianos, incluyendo *Escherichia coli*” (Higiene Ambiental, 2018)

“Los filtros de arena consisten de camas de arena fina de un metro de grosor sobre una cama de grava de 30cm de altura y un sistema de drenado” (Leal, S.f) en este caso se utilizan filtros lentos debido a que son importantes en cuanto a los procesos biológicos “ya que los filtros forman una película delgada de microorganismos quienes atrapan y destruyen algas, bacterias y materia orgánica, incluso antes de que el agua llegue a los filtros propiamente dichos.” (Leal, S.f)

Debido a que el magnesio es un contaminante que no se encuentra dentro de los contaminantes a remover en la resolución 0330 de 2017 pero si se puede utilizar una tecnología presente en esta resolución, se emplea el intercambio iónico, las resinas intercambiadoras de iones para remover este.

“criterios para el diseño de los procesos por intercambio iónico deben ser:

1. Eficiencia de operación de la resina utilizada en el proceso, de acuerdo con los contaminantes del agua cruda y parámetros de gran influencia como la turbiedad, el pH y la temperatura.” (a) (Ministerio de vivienda, 2017)

- “2. La relación entre el flujo a través de la resina y el volumen recomendado para ésta debe estar entre 2,23 a 11,15 l/s/m³”. (b) (Ministerio de vivienda, 2017)

- “3. Tiempo de contacto mínimo entre 1,5 y 7,5 minutos para la remoción completa del contaminante.” (c) (Ministerio de vivienda, 2017)

- “4. Tamaño de partículas que ejecutan el proceso.” (d) (Ministerio de vivienda, 2017)

- “5. Lecho de resina mínimo de 76 cm de altura.” (e) (Ministerio de vivienda, 2017)

“6. Período de agotamiento de la capacidad de intercambio de la resina.” (f) (Ministerio de vivienda, 2017)

“7. Procedimientos y costos de operación y mantenimiento, en especial los asociados con la regeneración de la resina como componente principal del proceso.” (g) (Ministerio de vivienda, 2017)

Finalmente se debe incluir la Desinfección como elemento del tren de tratamiento en cualquier sistema de potabilización que se utilice. Dentro de este proceso de filtración se empleará la cloración para la cual se tendrá en cuenta lo siguiente:

“Para la desinfección por cloración debe emplearse tanque de contacto, previo al almacenamiento, con el fin de proporcionar un tiempo de contacto mínimo de 20 minutos, que garantice la desinfección del agua. Para la determinación de la dosis óptima de desinfectante debe emplearse el valor Ct-Concentración aplicada por tiempo de detención igual a K de acuerdo con las siguientes indicaciones” (Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio, 2017)

Grafica 4. Esquema de potabilización de agua subterránea de la finca el Arbolito, ubicada en el municipio de El Espinal en la vereda La Caimanera.



Grafica 4 Esquema sistema de potabilización. Fuente: Autoría propia.

12. CONCLUSIONES

Ya culminando el análisis se concluye:

Realizando de manera exitosa la exploración de campo a los lugares aledaños a la zona de estudio se elaboraron ensayos In-situ de las características fisicoquímicas y microbiológicas, en estos se tuvieron en cuenta el PH, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos y la temperatura, los cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos por la resolución 2115 de 2007, posteriormente se identificaron las condiciones, el tipo de estructura, la profundidad y la actividad socio económica de los pozos y/o aljibes analizados concluyendo que los propietarios de cada punto no utilizan el agua para el consumo humano, en su lugar la función prioritaria que le da la población a este recurso es el uso doméstico y agrícola.

Por medio de los análisis de laboratorio físicos, químicos y microbiológicos realizados al pozo de la finca el Arbolito (caso de estudio), y comparando estos resultados con la ayuda de un cuadro comparativo con los valores máximos establecidos por la resolución 2115 de 2007 en donde se identificaron los elementos que no estaban dentro de estos rangos los cuales fueron: fosforo mg-P/L, Magnesio mg Mg/L (ppm) y presencia de Escherichia-Coli.

Según los resultados de la caracterización físico química y microbiológica se evalúan las tecnologías de tratamiento para aguas crudas con ayuda de la resolución 0330 de 2017, por medio del artículo 109 que muestra los tipos y procesos unitarios de potabilización y se proponen el tren de procesos denominados filtración convencional, intercambio iónico y desinfección, debido a que esta por medio de estas tecnologías se logran remover de manera exitosa todos los contaminantes que se encuentren presentes en el agua.

Esta propuesta es de gran ayuda para sus usuarios de manera socioeconómica ya que permite que el agua subterránea sea apta para el consumo humano, y se podría aplicar a los demás puntos debido a que poseen características fisicoquímicas similares.

13. RECOMENDACIONES

- Si se desea realizar a futuro un estudio más amplio del área total de la vereda es necesario analizar la muestra de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos a cada uno de los aljibes o pozos a inspeccionar con el fin de ser más precisos con el estado del agua.
- Se recomienda realizar la toma y los análisis de la muestra de agua con una empresa de laboratorio diferente a la que se utilizó para el desarrollo del proyecto “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, CASO DE ESTUDIO POZO FINCA EL ARBOLITO-UBICADO EN LA VEREDA CAIMANERA EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL-TOLIMA TENIENDO EN CUENTA LA CARACTERIZACIÓN FISICA, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA.” Debido a inconsistencias en los resultados de otros proyectos.
- Durante la toma de la muestra se recomienda que la extracción del agua sea mediante una motobomba y no manual, esto agiliza el proceso de la toma, además evita que la muestra se altere en un mayor porcentaje por el recipiente utilizado y la profundidad determinada del punto de extracción.
- Es necesario que los estudiantes que se dispongan a realizar un proyecto similar tengan en cuenta diferentes factores al momento de realizar el trabajo en campo como el clima, el estado vial, los equipos necesarios para el análisis de las muestras in-situ.
- se invita a los estudiantes que estén interesados en el tema y deseen continuar con el desarrollo de esta propuesta a realizar el prototipo estipulado en el proyecto, con el fin de mejorar la calidad de vida y también genera un impacto positivo de manera social y económica en la población.

14. Bibliografía

- MIINISTERIO DE VIVIENDA. (8 de jun de 2017). *RESOLUCIONES DE AGUAS*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Ministerio de salud y proteccion social. (15 de 05 de 2015). *ministerio de saldud y proteccion social*. Obtenido de file:///C:/Users/Dayana/Downloads/resolucion-1615-del-2015%20(1).pdf
- Aguas regionales EPM s.a e.s.p. (s.f.). *Preguntas frecuentes sobre la calidad del agua en los sistemas operados*. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de <https://www.grupo-epm.com/site/portals/23/documentos/Boletines/ABC-%20Calidad%20de%20Agua.pdf>
- Ambientum. (15 de 10 de 2017). *Ambientum*. Obtenido de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/agua_subterranea.asp#:~:text=El%20agua%20subterr%C3%A1nea%20es%20la,las%20regiones%20%C3%A1rticas%2C%20p
- aguae. (s.f.). *fundacion aquae*. Obtenido de <https://www.fundacionaguae.org/las-aguas-subterraneas/>
- Briñez A , K., Guarnizo G, J., & Arias V, S. (16 de jun de 2012). *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del tolima*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n2/v30n2a06.pdf>
- Cardoso Rodriguez, J. E. (15 de ABRIL de 2014). *Cortolima*. Obtenido de <https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/doc-ambiental/C10013220140415-033C.pdf>
- Collazo, P. (10 de 2015). *Seminario actualizacion de diseño de redes de monitoreo de aguas subterraneas* . Obtenido de http://capacitacion.sirh.ideam.gov.co/encuentro2/Ponencias/PDF_AS/3.%20Bases%20conceptuales%20y%20muestreo%20de%20la%20calidad%20del%20agua.pdf
- college of agriculture and life sciences . (marzo de 2014). *college of agriculture and life sciences* . Obtenido de <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Concejo municipal del espinal tolima. (26 de 02 de 2001). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de [file:///C:/Users/Dayana/Downloads/ACUERDO_No.001_DEL_2001__Plan_Basico_de_OrdenamientoTerritorial_pdf%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Dayana/Downloads/ACUERDO_No.001_DEL_2001__Plan_Basico_de_OrdenamientoTerritorial_pdf%20(2).pdf)

- contreras, E. g. (15 de diciembre de 2016). *Ministerio del ambiente peru*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>
- Cortolima. (02 de 12 de 2018). *Cortolima*. Obtenido de https://cortolima.gov.co/sites/default/files/POMCAS/POMCA_LUISA_MAGDALENA/HIDRO GEOLOGIA.pdf
- DANE . (2000). *Monografía del municipio del espinal*. Obtenido de http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD_5526_EJ_5.PDF
- Doncel Ortiz, J. A., & Hernandez Pabón, W. A. (2020). *Analisis y caracterizacion para proponer un sistema de tratamiento de aguas subterranas, caso aplicativo en el municipio de Ricaurte-Cundinamarca*. Ricaurte.
- eadic . (31 de 08 de 2016). *eadic formacion y consultoria*. Obtenido de <https://www.eadic.com/la-contaminacion-de-aguas-subterranas-un-recurso-natural-amenazado/>
- Espinal Tolima. (2016-2019). *Plan de desarrollo Espinal Tolima* . Obtenido de https://espinaltolima.micolombiadigital.gov.co/sites/espinaltolima/content/files/000044/2155_plan-desarrollo-espinal-20162019.pdf
- Fasani, C. (23 de 03 de 2020). *El Agrario*. Obtenido de <https://www.elagrario.com/conociendo-lo-nuestro-los-aljibes-9139.html>
- Glynn J, H., & Gary , H. (2000). *Ingenieria Ambiental* . Obtenido de Aguas Subterranas : <https://www.corpocesar.gov.co/files/EVALUACION%20MFQ.PDF>
- Gobernacion del Tolima. (19 de 08 de 2019). *Municipio del Espinal*. Obtenido de Tolima.gov.co: <https://www.tolima.gov.co/publicaciones/20958/municio-de-el-espinal/>
- Gonzalez, C. (10 de 2011). *Monitoreo de la calidad del agua*. Obtenido de La turbidez: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Gualdrón, L. E. (12 de 2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIAUSANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. *Línea de investigación: Saneamiento ambiental*, 20.
- Higiene Ambiental. (31 de 07 de 2018). *Higiene Ambiental*. Obtenido de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/el-tratamiento-biologico-del-agua-funciona-mejor-con-flora-bacteriana-experimentada>
- IAEA. (s.f.). *IAEA*. Obtenido de <https://www.iaea.org/es/temas/aguas-subterranas>
- iagua. (1 de 4 de 2018). *iagua* . Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-acuifero>
- IDEAM. (s.f.). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-subterranas>
- Leal, A. M. (S.f). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Mexico: Instituto mexicano de Tecnología del Agua.

- Marin Galvin, R. (2003). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS*.
Obtenido de file:///C:/Users/Dayana/Downloads/componente48099.pdf
- Martinez, L. F., Mena, J. I., & Closa, J. (12 de Diciembre de 1995). *Aplicaciones civiles del gps*.
Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41785751.pdf>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (22 de 06 de 2007). Obtenido de
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Ministerio de la proteccion social. (9 de 05 de 2007). *Ministerio de la proteccion social*. Obtenido de
file:///C:/Users/Dayana/Downloads/Decreto-1575-de-2007%20(1).pdf
- Ministerio de la protección social. (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115*. Obtenido de
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Ministerio de Salud y Proteccion Social. (23 de 10 de 2013). *Ministerio de Salud y Proteccion social*.
Obtenido de file:///C:/Users/Dayana/Downloads/resolucion-4353-de-2013%20(1).pdf
- Ministerio de vivienda, C. y. (2017). *Resolucion 0330*.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio. (08 de Junio de 2017). *Resolución 0330*. Obtenido de
<http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/>
- Moncaleano Forero, P. V., & Ramirez Gomez, M. (16 de octubre de 2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN LA FINCA “EL PORVENIR 2” EL ESPINAL – TOLIMA*. Obtenido de
https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2100/Moncaleano_Forero_Paula_Vanessa_2019.pdf?sequence=1
- Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO5667-1. (10 de 05 de 1995). *Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO5667*. Obtenido de file:///C:/Users/Dayana/Downloads/NTC-ISO%205667-01-1995.%20Directrices%20para%20el%20diseño%20de%20planes%20de%20muestreo.pdf
- Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO5667-2. (21 de 06 de 1995). *Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO5667*. Obtenido de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000144-4dfdd4f559/NTC-ISO%205667-02-1995.%20Técnicas%20generales%20de%20muestreo.pdf>
- Norma Tecnica colombiana NTC-ISO5667-3. (03 de 11 de 2004). *Norma Tecnica colombiana*. Obtenido de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservación%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf>
- NTCISO 5667-3. (03 de 11 de 2004). Obtenido de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03->

2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf

RAS. (11 de 2000). *REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO* RAS. Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

Rigola L, M. (1999). *Tratamientos de aguas industriales, aguas de procesos y residuales*. Obtenido de Parametros de calidad de las aguas : <https://www.corpocesar.gov.co/files/EVALUACION%20MFQ.PDF>

Secretaria de Planeación y TIC. (2011). *Estadísticas 2011-2014*. Obtenido de file:///C:/Users/Dayana/Downloads/Espinal%20(1).pdf

Secretaria distrital de ambiente . (2011). Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

Secretaria distrital de ambiente . (13 de 9 de 2018). *Secretaria distrital de ambiente* . Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

Sierraa, J. (1987). *Análisis de Aguas y Agua Residuales*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Subdirección de salud ambiental . (09 de Julio de 2015). *Ministerio de salud* . Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>

Subdirección del recurso Hídrico y del Suelo. (s.f.). *Secretaria Distrital del ambiente* . Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

unusual, A. b. (s.f.). *Potabilización del agua*. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de <https://www.accion.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/>

USGS science for a changing world . (29 de Agosto de 2017). *USGS science for a changing world* . Obtenido de <https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>

Villegas, L. G. (03 de 2013). *Desinfección y remoción de arsénico del agua por fotocatalisis heterogénea*. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/404/1/Tesis%20Laura%20Gabriela%20C%C3%B3rdova%20Villegas.pdf>

Water boards . (7 de Junio de 2015). *Water boards* . Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

15. ANEXOS

ILUSTRACIONES 2, 3,4, 5, 6, 7.

TOMA MUETSTRA ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS.



Ilustración 2 Pozo caso de estudio. Fuente: Autoría Propia.



Ilustración 3 Toma de muestras de laboratorio al pozo caso de estudio. Fuente: Autoría Propia.



Ilustración 4 Embases para las muestras obtenidas. Fuente: Autoría propia.



*Ilustración 5 Muestras reposadas en embaces para llevar al laboratorio.
Fuente: Autoría propia*



*Ilustración 6 Toma de PH del agua subterránea del pozo caso de estudio.
Fuente: Autoría propia.*



Ilustración 7 Resultados toma del PH, del agua subterránea del pozo caso de estudio. Fuente: Autoría propia.

ILUSTRACIONES 8, 9.

RESULTADOS DEL LABORATORIO FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2020 - 1876

Girardot - Noviembre 06 de 2020

DATOS DEL CLIENTE			
MUNICIPIO	Girardot - Cundinamarca	NIT	1003634056
ENTIDAD	JUAN DAVID RAMIREZ TOVAR		
DIRECCIÓN	Cra 24 N° 10-31 Cond. Castolma	TEL	3107825941
DIRECCION A	Juan David Ramirez	CARGO	Estudiante

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA	AGUA CRUDA	FUENTE	Quebrada La Neptuna
LUGAR DE MUESTREO	Aljibe Finca El Arbolito	HORA	11:05 AM
FECHA DE MUESTREO	Octubre 26 de 2020	CARGO	Operario Laboratorio
MUESTREO POR	Alejandro Gonzalez	HORA	10:58 a. m.
FECHA RECEPCIÓN LAB	Octubre 26 de 2020		
FECHA DE REPORTE	Noviembre 06 de 2020		

RESULTADOS FISICOQUIMICOS					
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA	METODO ANALITICO	FECHA DE ANALISIS	VALOR REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
pH	Electrometrico	22-11-2020	6.5 a 8.0	UNIDADES	6.8
COLOR	Espectrofotometrico	22-11-2020	Menor ó igual a 15	UPC	3
TURBIDEZ	Nefelometrico	22-11-2020	Menor ó igual a 2	NTU	0.20
CLORUROS	Titrimetrico	22-11-2020	Hasta 250	mg/L Cl	5
SULFATOS	Titrimetrico	22-11-2020	Hasta 250	mg/L SO4	46
CONDUCTIVIDAD	Electrometrico	22-11-2020	Hasta 300	mg/L μ S/cm	365
HIERRO TOTAL	Colorimetrico	22-11-2020	Hasta 0.3	mg/L Fe	0.02
ALCALINIDAD TOTAL	Titrimetrico	22-11-2020	Hasta 200	mg/L CaCO3	126
DUREZA TOTAL	Titrimetrico	22-11-2020	Hasta 300	mg/L CaCO3	180
MANGANESO	Colorimetrico	22-11-2020	Hasta 0.5	mg / L Mn	0.007

RESULTADOS BACTERIOLOGICO				
BACTERIOLOGICO	FECHA DE ANALISIS	VALORES DE REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
ESCHERICHIA COLI	22-11-2020	0 U.F.C. / 100 ml	U.F.C. / 100ml	35 U.F.C. / 100 ml

* U.F.C. = Unidades Formadoras de Colonias.
Valores de referencia para agua potable.



CARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacteriologa Control de Calidad
Reg. 63330875



EDILBERTO BARRAGAN
Biogemico
Reg. 073383

 CII 21 No. 12 - 26 B/ Sucre * Girardot

 313 210 0359 - 835 2223

 contacto@aguaslab.co

Ilustración 8 Resultados Laboratorios Fisicoquímicos y microbiológico. Fuente: Aguaslab.



ANALQUIM LTDA.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO					CÓDIGO: 202030
					PÁGINA: 1 de 1
SEÑOR(ES): JUAN DAVID RAMÍREZ TOVAR					
DIRECCIÓN: CARRETA 24 N 50 - 35 CONDOMINIO CASALOMA					
TELÉFONO: 3107623946					
MUESTRA PROCEDENTE DE: ESPONAL					
DEPARTAMENTO: TOLIMA					
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA: 1879-3020 FINCA EL ARBOLITO, VEREDA LA CAJAMENKA, ESPONAL, TOLIMA					
PUNTO DE CAPTACIÓN: ALJIBE					
TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA					
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: 2020-10-26					
HORA TOMA DE LA MUESTRA: 15:05					
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 2020-10-27					
RESULTADOS					
ENSAJO	FECH. ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO	
a. AMONÍACO	2020-10-28	Espectrofotometría de A. A. - Hidruro	SH 3030 K, SH 3114 C	<0,005 mg/L As	
b. BORO	2020-10-27	Colorimétrico - Ascometria II		<0,1 mg/L B	
c. CLOROTO TOTAL	2020-10-27	Colorimétrico	SH 4500-P, B	0,4 mg/L P	
d. FOSFATO TOTAL	2020-10-28	Espectrofotometría de A. A.	SH 3030 K, SH 3111 B	26,7 mg/L P _{TOT}	
e. NITRATOS	2020-10-27	Espectrofotometría II. V.	SH 4500-NO3 B	0,3 mg/L N	
f. NITRITOS	2020-10-27	Colorimétrico	SH 4500-NO2 B	0,337 mg/L N	
g. NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	2020-10-28	Colorimétrico	SH 4500 N ORO C, 4500-NH3 B, C	7,3 mg/L N	
h. SODIO	2020-10-29	Espectrofotometría de A. A. - Hidruro	SH 3030 K, SH 3114 C	<0,005 mg/L Se	
i. SODIO	2020-10-29	Espectrofotometría de A. A.	SH 3030 K, SH 3111 B	21,6 mg/L Na	
No ANALISIS 9 --- FIN DEL REPORTE					
OBSERVACIONES: Muestra enviada por el cliente.					
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. 2017.					
a. Ensayo(s) de laboratorio acreditado(s) en Analquim Ltda. Resolución de acreditación Nº 0622 del 06 de Agosto de 2019. IDEAM					
b. Parámetros no acreditados.					
Nota: Analquim Ltda no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente asociada a la toma y otros datos que puedan afectar la validez de los resultados.					
El presente documento no podrá ser reproducido parcialmente y es válido únicamente si tiene firma.					
Si desea verificar el Informe de Resultados, puede comunicarse al correo controldeproyectos@analquim.com					
		NOTA: Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.			
Qco. Ederson Jaimes Cuberos Gerente Técnico		FECHA DE EXPEDICIÓN Bogotá, 2020-11-18			
		FIN DE FIRMAS ANQ-PL-071-1 - Versión 2			
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.					

Sede Laboratorios Carrera 25 No. 73 - 60/66 • www.analquim.com • Bogotá, D.C. - Colombia
Sede Administrativa Carrera 27 No. 73 - 77 • PBX: (57) (1) 6309945 • Celulares: 315 7718638 - 321 4682946 - 312 4203739 - 315 8602196
E-mail: gerencia@analquim.com - resultados@analquim.com - atencioncliente@analquim.com - gerencia@analquim.com

Ilustración 9 Resultados laboratorios físicos químicos y microbiológicos. Fuente: ANALQUIM

ILUSTRACIONES 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.

VISITAS DE CAMPO ANALISIS FISICO-QUIMICOS IN SITU.

2

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO**

U2Pilot
Desarrollado por el Ing. Juan D. Ramirez

1. INFORMACION GENERAL

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Nombre del Proyecto: Propuesta de un sistema de Roldabilización

Diligenciado Por: Daykinna Cardozo - Juan D. Ramirez

Comuna: _____

Consecutivo: _____

Tipo de Punto: Pozo: ☐ Aljibe: ☒

Condiciones del punto: ☐ Productivo ☐ Reserva ☐ Abandonado ☐ Inactivo

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒ Reportado o Archivo ☐ Propietario ☐ Arendatario ☐

Observación: _____

Información Suministrada Por:

Nombre: Maria del Carmen Aguirre

Municipio: Espinal

Dirección: _____

Teléfono - Celular: _____

Correo Electronico: _____

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto:

Departamento: Tolima

Municipio: Espinal

Vereda: La Lamanera

Nombre del Lugar: _____

Coordenadas:

Norte: 4° 01' 42"

Este: 74° 49' 69"

Método de medida de cota:

GPS ☒ Altimetro ☐ Nivelación ☐ Mapa ☐ Cota: _____

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía:

Depresión ☐ Planicia ☒ Altiplanicia ☐ Piedemonte ☐ Ladera ☐ Colina ☐ Otra ☐ Cual? _____

Geoforma:

Abanico aluvial ☐ Cauce aluvial ☐ Llanura aluvial ☐ Terraza ☐ Duna ☐ Dolina ☐ Playa ☐ Otro ☐ Cual? _____

Condiciones Climáticas:

Periodo Humedo ☒ Periodo Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALIBES

Datos de la Construcción:

Fecha: 25 años Aprox

Perforador: _____

Diametro Externo: _____ m

Diametro Interno: _____ m

Altura: 60cm m

Profundidad: 18m m

Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento:

Acero y Tipo ☐ Hierro Galvanizado ☐ PVC ☐ Otro ☐ Cual? _____

Ninguna ☐ Piedra ☐ Ladrillo ☐ Madera ☐ Cemento ☒ Otro ☐ Cual? _____

Características de Explotación:

Métodología de Extracción del agua:

Bomba Sumergible ☐ Bomba Manual ☐ Molino de Viento ☐ Compresor ☐

Tipo de Energía:

Motobomba ☒ Manual ☐ Eléctrica ☒ Gasolina ☐ ACPM ☐ Otra ☐ Cual? _____

Clase de Bomba: _____ Modelo: _____ Potencia: _____ Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Método de Muestreo: _____

Propiedades Físico - Químicas: _____

Muestreo Para Laboratorio: _____

1/2

Ilustración 10 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL TRABAJO DE GRADO

Manual ☐ Bombeo ☒ Otro-Cual? ☐

pH: 8.2

Conductividad Electrica ($\mu S/cm$) 306

Temperatura (°C) 24.6

SOT (mg/l - ppm) 199

☐ SI ☒ NO

Propiedades Organolépticas:

Color: Incoloro ☒ Amarillo ☐ Café ☐ Otro ☐

Apariencia: Clara ☒ Turbia ☐ Otro ☐

Olor: Inolora ☒ Fetida ☐ Otro ☐

Tipo de Análisis: Fisicos - Químicos ☒ Microbiológicos ☐ Isotópico ☐

Lugar de Muestreo: Boca de Pozo ☐ Tanque ☐ Llave ☐

Otro ☐ Cual? ☐

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:

Uso del Agua

Abastecimiento público ☐ No. De Usuarios ☐

Uso doméstico ☒ 2 No. De Usuarios ☐

Agrícola ☐ Area regada, ha ☐ Tipo de Cultivo: ☐

Pecuario ☐ No. De Animales: ☐

Recreativo ☐ Usuarios/Año ☐

Industrial ☐ ¿Cuál? ☐

Transporte ☐ ¿Cuál? ☐

Otro ☐

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐ SI ☐ NO ☐ Distancia ☐ m

Charco de aguas estancadas ☐ SI ☐ NO ☐ ☐ m

Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐ SI ☐ NO ☐ ☐ m

Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐ SI ☐ NO ☐ ☐ m

Residuos sólidos:

Origen: Domésticos ☐ Industriales ☐ Agrícola ☒ Ganadero ☐

Hospitalario ☐ Minero ☐ Otros ☐ Cual? ☐

Disposición:

Residuos especiales ☐ Incineración ☐ Reciclaje ☐ Otros ☐

Botadero cielo abierto ☐ Cual? ☐

Visto Bueno del Asesor ☐

Dajanna Cardero Firma Estudiante

María del Carmen Aguero Firma quien Recibe la Visita

2/2

Ilustración 11 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

**FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO**



1. INFORMACION GENERAL

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Nombre del Proyecto: Proyecto de un sistema de Potabilización

Comuna: _____

Diligenciado Por: Dayanna Cardozo - Juan D. Ramirez

Consecutivo: _____

Tipo de Punto: Pozo: ☐ Aljibe: ☒

Condiciones del punto: ☒ Productivo ☐ Reserva ☐ Abandonado ☐ Inactivo

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒
Reportado o Archivo ☐
Propietario ☐
Arendatario ☐

Información Suministrada Por:

Nombre: Doncels Portano Cardozo
Municipio: Espejal
Dirección: _____
Telefono - Celular: 31 267 1445
Correo Electronico: _____

Observación: _____

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto:

Departamento: Tolima
Municipio: Espejal
Vereda: La Caimanera
Nombre del Lugar: _____

Coordenadas:
Norte: 4° 01' 16"
Este: 74° 49' 62"

Metodo de medida de cota:

GPS ☒
Altimetro ☐
Nivelación ☐
Mapa ☐
Cota: _____

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía:

Depresión ☐
Planicie ☒
Altiplanicie ☐
Piedemonte ☐
Ladera ☐
Colina ☐
Otra ☐
Cual? _____

Geoforma:

Abanico aluvial ☐
Cauce aluvial ☐
Llanura aluvial ☐
Terraza ☐
Duna ☐
Dolina ☐
Playa ☐
Otro ☐
Cual? _____

Condiciones Climáticas:

Periodo Humedo ☒
Periodo Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALIBES

Datos de la Construcción:

Fecha: 30 años aprox.
Perforador: _____
Diámetro Externo: _____ m
Diámetro Interno: _____ m
Altura: 1.5 m
Profundidad: 2.0 m
Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento:

☐ Acero y Tipo
☐ Hierro Galvanizado
☐ PVC
☐ Otro
Cual? _____

Ninguna ☐
Piedra ☐
Ladrillo ☐
Madera ☐
Cemento ☒
Otro ☐
Cual? _____

Características de Explotación:

Metodología de Extracción del agua:

Bomba Sumergible ☐
Bomba Manual ☒
Molino de Viento ☐
Compresor ☐

Motobomba ☒
Manual ☐

Tipo de Energía:

Electrica ☒
Gasolina ☐
ACPM ☐
Otra ☐
Cual? _____

Clase de Bomba: _____ Modelo: _____ Potencia: _____ Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Metodo de Muestreo:

Propiedades Fisico - Químicas:

Muestreo Para Laboratorio:

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO

UEPILOTO

Manual ☐
Bombeo ☒
Otro-Cual? _____

pH: 7.8
Conductividad Eléctrica (µS/cm) 82.6
Temperatura (°C) 32.5
SOT (mg/l - ppm) 113

☐ SI
☒ NO

Propiedades Organolépticas:

Color: Incoloro ☒
Apariencia: ☐
Olor: ☐

Amarillo ☐
Clara ☒
Inolora ☒

Café ☐
Turbia ☐
Fetida ☐

Cual? ☐
Otro ☐
Otro ☐

Tipo de Análisis: Físicos - Químicos ☒

Microbiológicos ☐

Isotópico ☐

Lugar de Muestreo:

Boca de Pozo ☒

Tanque ☐

Llave ☐

Otro ☐ Cual? _____

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:

Uso del Agua
Abastecimiento público ☐
Uso doméstico ☒
Agrícola ☐
Pecuario ☐
Recreativo ☐
Industrial ☐
Transporte ☐
Otro ☐

Descripción del uso del agua:

uso de la casa No. De Usuarios 4
No. De Usuarios 4
Area regada, ha _____
Tipo de Animales: _____
No. De Animales: _____
Usuarios/Año _____
¿Cuál? _____
¿Cuál? _____

Tipo de Cultivo: _____
No. De Animales: _____
Usuarios/Año _____

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐
Charco de aguas estancadas ☐
Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐
Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐

SI ☐ NO ☒
SI ☐ NO ☒
SI ☐ NO ☒
SI ☐ NO ☐

Distancia

_____ m
_____ m
_____ m
_____ m

Residuos sólidos:

Origen: Domésticos ☐
Hospitalario ☐

Industriales ☐
Minero ☐

Agrícola ☐
Otros ☐

Ganadero ☐
Cual? _____

Disposición:

Residuos especiales ☐
Botadero cielo abierto ☐

Incineración ☐

Reciclaje ☐

Otros ☐
Cual? _____

Visto Bueno del Asesor

Dayana Cardozo
Firma Estudiante

Ramón Pabón
Firma quien Recibe la Visita

**FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO**

U2Pilot
Sistema de Autoevaluación

1. INFORMACION GENERAL

Nombre del Proyecto: Proyecto de un sistema de Abastecimiento

Diligenciado Por: Darlan Cardozo - Juan D. Ramirez

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Comuna: _____

Consecutivo: _____

Tipo de Punto:

Pozo: ☐

Aljibe: ☒

Condiciones del punto:

Productivo ☐ Reserva ☐ Abandonado ☐ Inactivo ☐

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒

Reportado o Archivo ☐

Propietario ☐

Arendatario ☐

Observación: _____

Información Suministrada Por:

Nombre: Felipe Bolaños

Municipio: Espinal

Dirección: _____

Teléfono - Celular: _____

Correo Electronico: _____

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto:

Departamento: Tolima

Municipio: Espinal

Vereda: Caimitera

Nombre del Lugar: _____

Coordenadas:

Norte: 9° 07' 46.2"

Este: 74° 50' 06.0"

Método de medida de cota:

GPS ☒

Altimetro ☐

Nivelación ☐

Mapa ☐

Cota: _____

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía:

Depresión ☐

Planicie ☒

Altiplanicie ☐

Piedemonte ☐

Ladera ☐

Colina ☐

Otra ☐

Cual? _____

Geoforma:

Abanico aluvial ☐

Cauce aluvial ☐

Llanura aluvial ☐

Terraza ☐

Duna ☐

Dolina ☐

Playa ☐

Otro ☐

Cual? _____

Condiciones Climáticas:

Periodo Humedo ☒

Periodo Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALIBES

Datos de la Construcción:

Fecha: 20 años Aprox.

Perforador: _____

Diametro Externo: _____ m

Diametro Interno: _____ m

Altura: 50cm m

Profundidad: 5m m

Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento:

Acero y Tipo ☐

Hierro Galvanizado ☐

PVC ☐

Otro ☐

Cual? _____

Ninguna ☐

Piedra ☐

Ladrillo ☐

Madera ☐

Cemento ☒

Otro ☐

Cual? _____

Características de Explotación:

Métodología de Extracción del agua:

Bomba Sumergible ☐

Bomba Manual ☐

Molino de Viento ☐

Compresor ☐

Motobomba ☒

Manual ☐

Tipo de Energía:

Electrica ☒

Gasolina ☐

ACPM ☐

Otra ☐

Cual? _____

Clase de Bomba: _____

Modelo: _____

Potencia: _____

Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Método de Muestreo: _____

Propiedades Fisico - Químicas: _____

Muestreo Para Laboratorio: _____

3

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO

UEPiloto
UNIVERSIDAD DE LA PAZ

Manual ☐

Bombeo ☒

Otro-Cual? ☐

pH: 7.5

Conductividad Eléctrica (µS/cm) 226

Temperatura (°C) 32.2

SOT (mg/l - ppm) 113

☒ SI

☐ NO

Propiedades Organolépticas:

Color: Incoloro ☒ Amarillo ☐ Café ☐ Otro ☐ Cual?

Apariencia: Clara ☒ Turbia ☐ Otro ☐

Olor: Inolora ☒ Fetida ☐ Otro ☐

Tipo de Análisis: Físicos - Químicos ☐ Microbiológicos ☐ Isotópico ☐

Lugar de Muestreo: Boca de Pozo ☐ Tanque ☐ Llave ☐

Otro ☐ Cual?

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:

Uso del Agua

Abastecimiento público ☐

Uso doméstico ☒

Agrícola ☐

Pecuario ☐

Recreativo ☐

Industrial ☐

Transporte ☐

Otro ☐

Descripción del uso del agua:

No. De Usuarios 5

Area regada, ha

Tipo de Cultivo:

Tipo de Animales: No. De Animales:

¿Cuál? Usuarios/Año

¿Cuál?

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐ SI ☐ NO

Charco de aguas estancadas ☐ SI ☐ NO

Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐ SI ☐ NO

Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐ SI ☐ NO

Residuos sólidos:

Origen: Domésticos ☐ Industriales ☐ Agrícola ☒ Ganadero ☐

 Hospitalario ☐ Minero ☐ Otros ☐ Cual?

Disposición: Residuos especiales ☐ Incineración ☐ Reciclaje ☐ Otros ☐

 Botadero cielo abierto ☐ Cual?

Distancia

 m

 m

 m

 m

Visto Bueno del Asesor

Dayenra Cardozo
Firma Estudiante

Edith Bolanos mgui
Firma quien Recibe la Visita

2/2

Ilustración 15 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO

UEPilot

4

1. INFORMACION GENERAL

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Nombre del Proyecto: Propuesta Sistema de Paladización

Comuna:

Diligenciado Por: Daymaritadalo - Juan Ramirez

Consecutivo:

Tipo de Punto:

Pozo: ☐

Aljibe: ☒

Condiciones del punto:

Productivo Reserva Abandonado Inactivo

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒

Reportado o Archivo ☐

Propietario ☐

Arendatario ☐

Observación:

Información Suministrada Por:

Nombre:

Maria Olinda Lara Guzman

Municipio:

Espinal

Dirección:

Teléfono - Celular:

Correo Electronico:

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto:

Departamento: Tolima

Municipio: Espinal

Vereda: La Camanera

Nombre del Lugar:

Coordenadas:

Norte: 9°03'54.6"

Este: 74°50'03.0"

Método de medida de cota:

GPS ☒

Altimetro ☐

Nivelación ☐

Mapa ☐

Cota: BA

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía:

Depresión ☐

Planicie ☒

Altiplanicie ☐

Piedemonte ☐

Ladera ☐

Colina ☐

Otra ☐

Cual? ☐

Geoforma:

Abanico aluvial ☐

Cauce aluvial ☐

Llanura aluvial ☐

Terraza ☐

Duna ☐

Dolina ☐

Playa ☐

Otro ☐

Condiciones Climáticas:

Periodo Humedo ☒

Periodo Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALIBES

Datos de la Construcción:

Fecha 100 años aprox.

Perforador

Diametro Externo m

Diametro Interno m

Altura 1.3 m

Profundidad 1.4 m

Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento:

Acero y Tipo ☐

Hierro Galvanizado ☐

PVC ☐

Otro ☐

Cual? ☐

Ninguna ☐

Piedra ☐

Ladrillo ☐

Madera ☐

Cemento ☒

Otro ☐

Cual? ☐

Características de Explotación:

Métodología de Extracción del agua:

Bomba Sumergible ☐

Bomba Manual ☐

Molino de Viento ☐

Compresor ☐

Motobomba ☒

Manual ☐

Tipo de Energía:

Electrica ☒

Gasolina ☐

ACPM ☐

Otra ☐

Cual? ☐

Clase de Bomba:

Modelo:

Potencia:

Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Método de Muestreo:

Propiedades Fisico - Químicas:

Muestreo Para Laboratorio:

1/2

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO**

UEP

Manual ☐
Bombeo ☒
Otro-Cual? ☐

pH: 7.6
Conductividad Electrica ($\mu S/cm$) 280
Temperatura ($^{\circ}C$) 31.5
SOT (mg/l - ppm) 190

☐ SI
☒ NO

Propiedades Organolépticas:
Color: Incoloro ☒ Amarillo ☐ Café ☐
Apariencia: Clara ☒ Turbia ☐
Olor: Inolora ☒ Fetida ☐

Cual? Otro ☐
Otro ☐
Otro ☐

Tipo de Análisis: Fisicos - Químicos ☒ Microbiológicos ☐ Isotópico ☐

Lugar de Muestreo: Boca de Pozo ☒ Tanque ☐ Llave ☐
Otro ☐ Cual? ☐

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:
Uso del Agua
Abastecimiento público ☐
Uso doméstico ☒
Agrícola ☐
Pecuario ☐
Recreativo ☐
Industrial ☐
Transporte ☐
Otro ☐

Descripción del uso del agua:
No. De Usuarios 5
No. De Usuarios 5
Area regada, ha 5
Tipo de Cultivo: 5
Tipo de Animales: 5
No. De Animales: 5
Usuarios/Año 5
¿Cuál? 5
¿Cuál? 5

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐ SI ☐ NO ☐
Charco de aguas estancadas ☐ SI ☐ NO ☐
Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐ SI ☐ NO ☐
Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐ SI ☐ NO ☐

Distancia m
 m
 m
 m

Residuos sólidos:
Origen: Domésticos ☐ Industriales ☐ Agrícola ☐ Ganadero ☐
Hospitalario ☐ Minero ☐ Otros ☐ Cual? ☐

Disposición:
Residuos especiales ☐ Incineración ☐ Reciclaje ☐ Otros ☐
Botadero cielo abierto ☐ Cual? ☐

Visto Bueno del Asesor
Firma Estudiante Dayana Cardero
Firma quien Recibe la Visita Maria Chirila Luna

2/2

Ilustración 17 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL TRABAJO DE GRADO

UPELITO

1. INFORMACION GENERAL

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Nombre del Proyecto: Propuesta Sistema de Potabilización

Diligenciado Por: Doranna Cardozo - Juan D. Ramirez

Comuna: _____

Consecutivo: _____

Tipo de Punto: Pozo: ☐ Aljibe: ☒

Condiciones del punto: ☐ Productivo ☐ Reserva ☐ Abandonado ☐ Inactivo

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒ Reportado o Archivo ☐ Propietario ☐ Arendatario ☐

Observación: _____

Información Suministrada Por: Nombre: Lda. Vilalva Municipio: Espinal Dirección: _____ Teléfono - Celular: _____ Correo Electrónico: _____

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto: Departamento: Tolima Municipio: Espinal Vereda: La Calamanera Nombre del Lugar: _____

Coordenadas: Norte: 2° 09' 22" Este: 74° 50' 15"

Método de medida de cota: GPS ☒ Altimetro ☐ Nivelación ☐ Mapa ☐ Cota: _____

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía: Depresión ☐ Planicie ☒ Altiplanicie ☐ Piedemonte ☐ Ladera ☐ Colina ☐ Otra ☐ Cual? _____

Geoforma: Abanico aluvial ☐ Cauce aluvial ☐ Llanura aluvial ☐ Terraza ☐ Duna ☐ Dolina ☐ Playa ☐ Otro ☐ Cual? _____

Condiciones Climáticas: Período Humedo ☐ Período Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALJIBES

Datos de la Construcción: Fecha: SO AFOI APOI Perforador: _____

Díametro Externo: _____ m

Díametro Interno: _____ m

Altura: 30cm m

Profundidad: 20 m

Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento: Acero y Tipo ☐ Hierro Galvanizado ☐ PVC ☐ Otro ☐ Cual? _____

Ninguna ☐ Piedra ☐ Ladrillo ☐ Madera ☐ Cemento ☒ Otro ☐ Cual? _____

Características de Explotación:

Métodología de Extracción del agua: Bomba Sumergible ☐ Bomba Manual ☐ Molino de Viento ☐ Compresor ☐ Motobomba Manual ☒

Tipo de Energía: Eléctrica ☒ Gasolina ☐ ACPM ☐ Otra ☐ Cual? _____

Clase de Bomba: _____ Modelo: _____ Potencia: _____ Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Método de Muestreo: _____

Propiedades Fisico - Químicas: _____

Muestreo Para Laboratorio: _____

Ilustración 18 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO

U2PILOTO

Manual ☐
Bombeo ☒
Otro-Cual? _____

pH: 7.7
Conductividad Electrica ($\mu S/cm$) 299
Temperatura (°C) 31.7
SDT (mg/l - ppm) 149

☐ SI
☒ NO

Propiedades Organolépticas:

Color: Incoloro ☒
Apariencia: ☐
Olor: ☐

Amarillo ☐
Clara ☒
Inolora ☒

Café ☐
Turbia ☐
Fetida ☐

Cual? ☐
Otro ☐
Otro ☐
Otro ☐

Tipo de Análisis:

Físicos - Químicos ☒

Microbiológicos ☐

Isotópico ☐

Lugar de Muestreo:

Boca de Pozo ☐

Tanque ☐

Llave ☒

Otro ☐ Cual? _____

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:

Uso del Agua
Abastecimiento público ☐
Uso doméstico ☒
Agrícola ☐
Pecuario ☐
Recreativo ☐
Industrial ☐
Transporte ☐
Otro ☐

Descripción del uso del agua:

No. De Usuarios _____
No. De Usuarios _____
Area regada, ha _____
Tipo de Cultivo: _____
Tipo de Animales: _____
No. De Animales: _____
Usuarios/Año _____
¿Cuál? _____
¿Cuál? _____

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐
Charco de aguas estancadas ☐
Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐
Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐

SI ☐ NO ☐
SI ☐ NO ☐
SI ☐ NO ☐
SI ☐ NO ☐

Distancia

_____ m
_____ m
_____ m
_____ m

Residuos sólidos:

Origen: Domésticos ☐
Hospitalario ☐

Industriales ☐
Minero ☐

Agrícola ☐
Otros ☐ Cual? _____

Ganadero ☐

Disposición:

Residuos especiales ☐
Botadero cielo abierto ☐

Incineración ☐

Reciclaje ☐

Otros ☐
Cual? _____

Visto Bueno del Asesor

Daxima Cardoso
Firma Estudiante

Edgar Villalba
Firma quien Recibe la Visita

**FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO
DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO**

U2PILOTO
UNIVERSIDAD DE LA GUAYANA

1. INFORMACION GENERAL

Fecha: DD 18 MM 11 AAAA 2020

Nombre del Proyecto: Proyecto de un sistema de Reforestación

Comuna: _____

Diligenciado Por: Dayanna Cardozo - Juan D Ramirez

Consecutivo: _____

Tipo de Punto: Pozo: ☒ Aljibe: ☐

Condiciones del punto:

Productivo	Reserva	Abandonado	Inactivo
------------	---------	------------	----------

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recolectada en Campo ☒
Reportado o Archivo ☐
Propietario ☐
Arendatario ☐

Información Suministrada Por:

Nombre: Adolfo Ortega
Municipio: Espinal
Dirección: _____
Telefono - Celular: _____
Correo Electronico: _____

Observación: _____

3. INFORMACION DEL PUNTO

Localización del Punto:

Departamento: Tolima
Municipio: Espinal
Vereda: La Caimanera
Nombre del Lugar: Finca El Arbolito

Coordenadas:

Norte: 9°07'58"
Este: 74°50'17"

Método de medida de cota:

GPS ☒
Altimetro ☐
Nivelación ☐
Mapa ☐
Cota: _____

4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFIA, CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

Topografía:

Depresión ☐
Planicie ☒
Altiplanicie ☐
Piedemonte ☐
Ladera ☐
Colina ☐
Otra ☐
Cual? _____

Geoforma:

Abanico aluvial ☐
Cauce aluvial ☐
Llanura aluvial ☐
Terraza ☐
Duna ☐
Dolina ☐
Playa ☐
Otro ☐
Cual? _____

Condiciones Climáticas:

Periodo Humedo ☒
Periodo Seco ☐

5. CARACTERISTICAS DE LOS POZOS Y ALJIBES

Datos de la Construcción:

Fecha: 15 años aprox.
Perforador: _____
Diametro Externo: _____ m
Diametro Interno: _____ m
Altura: 40cm m
Profundidad: 22 m
Esta Colapsado? NO

Materiales de revestimiento:

☐ Acero y Tipo
☐ Hierro Galvanizado
☐ PVC
☐ Otro
Cual? _____

Ninguna ☐
Piedra ☐
Ladrillo ☐
Madera ☐
Cemento ☒
Otro ☐
Cual? _____

Características de Explotación:

Metodología de Extracción del agua:

Bomba Sumergible ☐
Bomba Manual ☐
Molino de Viento ☐
Compresor ☐

Motobomba ☒
Manual ☐

Tipo de Energía:

Electrica ☒
Gasolina ☐
ACPM ☐
Otra ☐
Cual? _____

Clase de Bomba: _____

Modelo: _____

Potencia: _____

Hp

6. PARAMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

Método de Muestreo:

Propiedades Fisico - Químicas:

Muestreo Para Laboratorio:

FORMULARIO UNICO PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL TRABAJO DE GRADO

Manual ☐ Bombeo ☒ Otro-Cual? _____

pH: 6.8

Conductividad Electrica ($\mu S/cm$) 332

Temperatura ($^{\circ}C$) 30

SOT (mg/l - ppm) 150

☒ SI ☐ NO

Propiedades Organolépticas:

Color: Incoloro ☒ Amarillo ☐ Café ☐

Apariencia: Clara ☒ Turbia ☐

Olor: Inolora ☒ Fetida ☐

Cual? Otro ☐ Otro ☐ Otro ☐

Tipo de Análisis: Fisicos - Químicos ☒ Microbiológicos ☐ Isotópico ☐

Lugar de Muestreo: Boca de Pozo ☒ Tanque ☐ Llave ☐

Otro ☐ Cual? _____

6. USOS DEL AGUA

Actividad Económica:

Uso del Agua

Abastecimiento público ☐

Uso doméstico ☒

Agrícola ☐

Pecuario ☐

Recreativo ☐

Industrial ☐

Transporte ☐

Otro ☐

Descripción del uso del agua:

No. De Usuarios _____

No. De Usuarios _____

Area regada, ha _____

Tipo de Cultivo: _____

Tipo de Animales: _____

No. De Animales: _____

Usuarios/Año _____

¿Cuál? _____

¿Cuál? _____

7. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

Existe una letrina ☐ SI ☐ NO ☐

Charco de aguas estancadas ☐ SI ☐ NO ☐

Basura, criaderos o estiércol de ganado alrededor? ☐ SI ☐ NO ☐

Borde o grieta que permite el ingreso de agua superficial al mismo? ☐ SI ☐ NO ☐

Distancia _____ m

Distancia _____ m

Distancia _____ m

Distancia _____ m

Residuos sólidos:

Origen: Domésticos ☐ Industriales ☐ Agrícola ☐ Ganadero ☐

Hospitalario ☐ Minero ☐ Otros ☐ Cual? _____

Disposición:

Residuos especiales ☐ Incineración ☐ Reciclaje ☐ Otros ☐

Botadero cielo abierto ☐ Cual? _____

Visto Bueno del Asesor _____

Firma Estudiante Dayana Cardozo

Firma quien Recibe la Visita [Firma]

2/2

Ilustración 21 Formato visitas de campo. Fuente: (Doncel Ortiz & Hernandez Pabón, 2020)

ILUSTRACIONES 22, 23, 24, 25.

TOMA DE MUESTRAS IN-SITU



Ilustración 22 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU
Fuente: Autoría propia



Ilustración 23 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia



Ilustración 24 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU Fuente: Autoría propia



Ilustración 25 Toma de muestras fisicoquímicas IN-SITU
Fuente: Autoría propia