TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO DOMÉSTICO, APLICADO A POBLACIÓN VULNERABLE DEL MUNICIPIO DE FLANDES – TOLIMA. CASO DE ESTUDIO VEREDA PUERTA BLANCA EN LA IED MARÍA INMACULADA AÑO 2022

ROMERO SANABRIA DIANA CAROLINA

SANCHEZ CAICEDO JORGE ALEXANDER

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2023

TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO DOMÉSTICO, APLICADO A POBLACIÓN VULNERABLE DEL MUNICIPIO DE FLANDES – TOLIMA. CASO DE ESTUDIO VEREDA PUERTA BLANCA EN LA IED MARÍA INMACULADA AÑO 2022

ROMERO SANABRIA DIANA CAROLINA - 430057689

SANCHEZ CAICEDO JOEGE ALEXANDER - 430057988

Trabajo de grado

Asesor

JESÚS FLAMINIO OSPITIA PRADA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2023

CONTENIDO

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 11

JUSTIFICACIÓN 12

OBJETIVOS 15

Objetivo general: 15

Objetivos específicos: 15

MARCO REFERENCIAL 16

Antecedentes 16

Marco teórico y/o conceptual 17

Marco legal 25

Marco geográfico 27

DISEÑO METODOLÓGICO 27

Primera fase: Caracterización de la población 29

Segunda fase: Análisis de estudios de calidad de agua 29

Tercera fase: Evaluación de la posible tecnología a implementar 30

Cuarta fase: Diseño del prototipo 32

DESARROLLO DE LA PROPUESTA 33

Caracterización de la población: 33

- Herramientas 35
- Resultados de encuesta 41

Análisis de estudios de calidad de agua 51

Evaluación de la posible tecnología a implementar 61

Diseño del prototipo 66

Proceso de materialización del prototipo 69

Resultados del prototipo.....73

Presupuesto 79

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....80

REFERENCIAS 82

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Fórmula de índice por muestra ((Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) 23

Ilustración 2: Fórmula de índice mensual (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) 23

Ilustración 3. IED Maria Inmacula - Sede Puerta Blanca 32

Ilustración 4 toma de muestra para laboratorio de calidad de agua Fuente: propia 51

Ilustración 5 Punto de medic ion sede Puerta Blanca Fuente: Fabian Eduardo López Polonia & Juan Fernando Bernal Salguero.....53

Ilustración 6Fotometro de Análisis Ambiental. sede puerta blanca fuente: Fabian Eduardo López polania & Juan Fernando Bernal Salguero 53

Ilustración 7Ph. fuente: Fabian Eduardo López Polania & Juan Fernando Bernal Salguero ..54

Ilustración 8. Análisis según normatividad para consumo humano del aljibe 55

Ilustración 9. Reporte de resultados de laboratorio Fuente: AGUASLAB 62

Ilustración 10Tecnologías de Tratamiento de potabilización para la escuela Puerta Blanca, Fuente: Elaboración propia.....63

Ilustración 11 calculo para el diseño del prototipo de tratamiento Fuente: Elaboración propia Asesoría Oscar Efrén Ospina 67

Ilustración 12 carbón activado debidamente lavado fuente : propia 69

Ilustración 13 arena sílice debidamente lavada fuente >: propia 69

Ilustración 14 lavado de areana silice y grava fuente propia 69

Ilustración 15 Ejecución de la abertura de orificios para la llave fuente propia.....70

Ilustración 16 Abertura de orificios en los materiales necesarios con ayuda de un funcionario de la Universidad Piloto de Colombia SAM fuente: propia.....70

Ilustración 17 relleno de grava en recipiente de 45 L Fuente : propia 71

Ilustración 18. Relleno de material en dispositivo Fuente: Propia.....71

Ilustración 19 relleno de carbon activado Fuente: propia 71

Ilustración 20 relleno de grava en tubo de 6 pulgadas. Fuente:Propia 71

Ilustración 21 relleno de arena silice en tubo de 6 pulgadas Fuernte : propia 72

Ilustración 22 Ubicación previa del dispositivo de tratamiento. 72

Ilustración 23 Instalación de dispositivo de tratamiento en la escuela Puerta Blanca 72

Ilustración 24 Diseño de prototipo de Tratamiento de agua para la institución Educativa María Inmaculada Sede Puerta Blanca. 77

Ilustración 25 Diseño de prototipo de Tratamiento de agua para la institución Educativa María Inmaculada Sede Puerta Blanca con sus respectivas dimensiones 78

Ilustración 26 Entrega del Proyecto a la comunidad Fuente : propia.....80

Ilustración 27 Entrega del Proyecto a la comunidad con la compañia de los representantes de la Alcaldía Flandes Tolima Fuente : propia.....81

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

Girardot, 16 de Junio del 2023

Dedicatoria

Esta trabajo de investigación está dedicado a Dios, gracias a él he logrado culminar mi pregrado, a mi mamá Luz Mery Caicedo, mi tío Sergio Caicedo y a mi abuelita que se convirtió angelito, que aunque no esté físicamente conmigo; puedo imaginarme su carita de satisfacción y orgullo. Por ultimo a mi compañera y amiga Diana Carolina Romero quién vivió toda una experiencia inmemorable conmigo desde que pusimos un pie en la universidad.

Jorge Alexander Sánchez Caicedo.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la fuerza y perseverancia necesaria para culminar otra meta en mi vida, a mi madre que ha sido mi mejor maestra durante toda mi vida, con su tolerancia, amor y valentía, a mi padre, por todo su cariño, ya que con sus esfuerzos me permitieron lograr culminar esta etapa.

A mi hermano Luis Carlos Romero por brindarme apoyo emocional durante toda mi vida, a mi madrina Elvia Cruz y mi abuela Aurora Cruz que aunque no estén en este plano terrenal me siento siempre acompañada de ellas.

A todas las personas que estuvieron para mí en la Universidad principalmente Leidy Lozano que con su paciencia, disciplina y cariño me impulso a seguir, a mi compañero de trabajo por su compañía.

A los que pensaron que no podría con esta carrera y que con sus acciones o comentarios me inducían a continuar con más empeño.

Finalmente, pero no menos importante, quiero dedicarlo a a los docentes y personas del plantel de la universidad que me brindaron su apoyo y cariño, pero especialmente a los docentes Jesús Flaminio Ospitia Prada, Oscar Efrén Ospina Zúñiga quienes fueron los principales colaboradores durante todo el proceso, quien con su confianza, dirección y conocimiento permitió el desarrollo de este trabajo

Diana Carolina Romero Sanabria

INTRODUCCIÓN

Históricamente la búsqueda de agua potable para consumo humano se ha convertido en todo un desafío para aquellas poblaciones que lo padecen y que año tras año cobra la vida de un sinnúmero de ellas por consecuencia de escases y la baja calidad del vital líquido, y, aun así, esta situación también afecta económicamente a una región en todas y cada una de las actividades económicas presentes.

Situación que no es ajena para el municipio de Flandes en su zona rural en el departamento Tolimense; es por ello, que el objeto principal del proyecto consiste en la realización de un diseño de prototipo para el tratamiento de aguas subterráneas buscando satisfacer las condiciones de vida de dicha población con este prototipo, cumpliendo con los parámetros y estándares establecidos por norma teniendo en cuanta los indicadores de contaminación que afectan la calidad de agua, ya sean físicos, químicos o microbiológicos.

El prototipo se diseñará basado en el análisis de resultados de los laboratorios, obtenidos a partir de la caracterización, el estado actual del agua y el análisis del entorno, permitiendo mitigar o quitar del medio las partículas que no hacen posible la potabilización del agua para que cumpla su función de consumo.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El municipio de Flandes Tolima cuenta con un grave problema de salubridad en la vereda puerta blanca en la IED María Inmaculada debido a que no cuentan con servicio de agua potable vulnerando un derecho fundamental de consumir agua apta para consumo humano; a consecuencia de ello, la población rural debe acudir a consumir agua con contaminantes causando posibles afectaciones a la salud como diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea, la poliomielitis y el dengue.

De acuerdo con lo anterior se analizaran los datos de caracterización de la zona rural del municipio Tolimense y se seleccionará un punto crítico, la cual permita determinar los contaminantes químicos, físicos y microbiológicos del zona, permitiendo determinar los materiales, tecnologías y diseño del prototipo para el tratamiento de las aguas subterráneas que cumpla con la normatividad siendo el apropiado para cubrir y satisfacer las necesidades de la población rural del municipio de Flandes.

¿Cuál debe ser el diseño de prototipo de tratamiento de agua subterránea según los parámetros físicos, químicos, microbiológicos que responda a las necesidades de la población vulnerable de la IED María Inmaculada sede Puerta Blanca del municipio de Flandes Tolima?

JUSTIFICACIÓN

En el marco mundial, una de las mayores problemáticas del siglo actual es la creciente necesidad de proveer agua apta para satisfacer las demandas de consumo humano y uso doméstico; derivada de esta situación el panorama es preocupante debido a un escenario de escases y bajo índice de calidad del vital líquido.

De lo anterior la Organización panamericana de la salud (OPS) en su más reciente artículo publicado el 1° de Febrero del 2020 expresa que “Los déficits en cuanto a cobertura y calidad de los servicios tienden a concentrarse en los grupos de bajos ingresos, grupos vulnerables y poblaciones rurales” (Organización Panamericana de la Salud, 2020)

Con el fin de responder a la necesidad de acceso al agua potable segura y accesible para todos, la ODS junto con agencias de la ONU, gobiernos, sociedad civil, empresas, académicos y comunidades locales plantearon en el objetivo 6 de desarrollo sostenible que “Es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles” (El Fondo ODS , 2022)

Según Álvaro Arango Ruiz Coordinador del Programa de Ingeniería Ambiental expresa que, en torno al agua, “La contaminación es un factor de gran importancia, ya que los contaminantes generados por la actividad industrial y doméstica pueden ser acumulados y transportados tanto por las aguas superficiales como por las subterráneas, deteriorando su calidad” (Ruiz Arango, 2013)

En Colombia el Ministerio de salud y protección social en su informe de nacional de calidad de agua para consumo humano establece que:

> Con relación a lo mencionado anteriormente la prestación del servicio de agua en la zona rural está condicionada a otros usos como el agropecuario, a la dispersión de la población, a una mayor cantidad de Personas Prestadoras que no siempre cumplen los requisitos de Ley, a la deficiencia o inexistencia de tratamiento para su potabilización y a la falta de continuidad en el servicio, entre otras condiciones. (Ministerio de salud , 2016)

Así mismo teniendo en cuenta que la República de Colombia establece en la sentencia T-740/11 donde se aclara que el agua es un derecho humanitario y se define como “El derecho de todos de disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico”. (República de Colombia - Corte Constitucional , 2011)

En contexto nacional, un país como Colombia, que cuenta con una de las mayores riquezas hídricas del mundo, resulta contradictorio e inadmisible el hecho de que muchas muertes infantiles podrían evitarse de manera elemental, si se tuviera la adecuada prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico, de la cual adolecen, como mínimo, 12,7 millones de colombianos. (Procuraduría General de la nación , 2005)

Es así como se da origen al proyecto de investigación derivado del semillero Aguas del Alto Magdalena en la Universidad Piloto de Colombia que tiene como principal objeto el tratamiento de aguas subterráneas para uso doméstico, aplicado en el municipio de Flandes en el departamento del Tolima buscando beneficiar a la comunidad vulnerable de la Institución Educativa María Inmaculada Sede Puerta Blanca la cual no cuenta con servicio apto de agua potable, a consecuencia de ello, la comunidad educativa debe acudir a consumir agua con contaminantes causando posibles afectaciones a la salud como diarrea, el cólera, la disentería,

la fiebre tifoidea, la poliomielitis, el dengue, malnutrición, de igual manera deteriorando el desarrollo socio-económico y ambiental del establecimiento educativo.

Por lo anterior se diseñará un prototipo de tratamiento de aguas subterráneas para un máximo de 25 personas con que cuenta el plantel cubriendo Docentes, Estudiantes, y habitantes del recinto según funcionarios de la alcaldía Municipal de Flandes Tolima basándonos en el análisis de resultados de los laboratorios, obtenidos a partir de la caracterización, el estado actual del agua y el análisis del entorno, permitiendo mitigar o quitar del medio las partículas que no hacen posible la potabilización del agua para que cumpla su función de consumo, así mismo, se va tener en cuenta la resolución 0330 del 2017 igualmente las resoluciones 2115 y 1575 del 2007 las cuales sustentan el proyecto para cumplir con la eficiencia y eficacia del mismo para que los materiales, tecnologías y diseño del prototipo sean acordes a las necesidades.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Diseñar e implementar un prototipo para el tratamiento de aguas subterráneas para uso doméstico caso aplicativo población vulnerable en el municipio de Flandes Tolima

Objetivos específicos:

- Caracterizar la comunidad educativa para obtener información sobre atributos de identidad u otros elementos acordes a la investigación
- Analizar los estudios físicos, químicos y microbiológicos para obtener información a implementar en el diseño del prototipo
- Evaluar la posible tecnología a implementar e identificar los materiales para el diseño del prototipo según las condiciones de tratamiento que se necesita conforme a la caracterización del agua cruda.
- Diseñar y materializar el prototipo de tratamiento de aguas teniendo en cuenta las variables identificadas y el cumplimento con las normas específicas para el consumo humano.

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

En el contexto mundial el tema del agua potable está en crisis debido al gran mayoría de personas no tienen acceso al agua potable causando grandes cifras de muertes a niños menores de 5 años, de igual forma adjudicando enfermedades a las comunidades vulnerables que no cuentan con agua apta para el consumo, como lo explica Álvaro Arango en su artículo denominado “Crisis mundial del agua” donde expresa que “se estima que una sexta parte de la población mundial no tiene garantizado el acceso al agua potable y un gran porcentaje de personas no cuenta con servicios básicos de saneamiento” (Ruiz Arango, 2013)

Según la Universidad Politécnica de Cartagena en su apartado de captación de aguas subterráneas expresaron que “La utilización del agua subterránea para abastecimiento es tan antigua como la historia, realizándose incluso en la época paleolítica. Existen restos arqueológicos de captaciones subterráneas realizadas por los persas y los Medos 8000 a. C.)” (Perez de la cruz, 2020)

Ahora bien, ¿cuánta agua subterránea se utiliza en el día? La respuesta a esa pregunta las que nos brinda la información de que El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial. Sin embargo, su difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación. (Fundación AQUAE, 2017)

Como nos expresan en el informe sobre Desarrollo Humano de 2003 que es uno de los que mayor influencia tiene en el tema de agua y avances sobre los objetivos del milenio, en este el PNUD que el hambre no solo es escases de alimentos sino que tiene gran importancia la falta o privación de servicios públicos entre ellos el acceso a agua apta para consumo

humano y saneamiento adecuado, afectando no solo a el ser humano sino al medio ambiente y desarrollo sostenible (equilibrio socio-económico y ambiental) (Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2003)

De igual forma se tiene que “el tipo de tratamiento requerido para producir agua va a depender del origen de la fuente de agua cruda y las condiciones locales, por lo tanto, cada diseño es particular” (Gómez Ospina & Orjuela Barrero, 2019)

Así mismo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible nos dice en su artículo de ***uso y aprovechamiento del agua*** que las Aguas Subterráneas “son las subálveas y las ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marítimo que brotan en forma natural, como las fuentes y manantiales o las que requieren para su alumbramiento obras como pozos, galerías filtrantes entre otras” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022)

Marco teórico y/o conceptual

El tratamiento de las aguas subterráneas económicamente representa un costo más elevado que para el tratamiento de aguas superficiales, puesto que como su nombre lo indica, son aguas existentes bajo la superficie terrestre que para su estudio implica un manejo con tecnologías y técnicas muy singulares que recurren al estudio y caracterización detallada del agua y sus componentes existentes dentro de ella.

Ahora bien, para su manejo, evaluación y estudio se deben tener en cuenta las propiedades que las aguas subterráneas presentan, tales como:

- **Temperatura:**

Las aguas subterráneas gozan por lo general, de una constancia de temperatura que las aguas de circulación superficial no pueden poseer nunca, sometidas como están a evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y el terreno de superficie, radiación

solar etc., Si no hay influencia térmica de aguas superficiales, un agua de capa que circule muy lentamente por un estrato impermeable situado a 100 m de profundidad poseerá una temperatura superior en dos o tres grados a otra que se encuentre en un terreno compacto situado solamente a 30 m abajo de la superficie, según la ley del gradiente geotérmico. (Duque, 2017)

- **La radioactividad:**

  Otra característica es la radiactividad de las aguas subterráneas, fenómeno no exclusivo de las aguas termales. Se agrega que no son tampoco las aguas de origen más profundo las que poseen siempre mayor radiactividad. (Duque, 2017)

- **La conductividad eléctrica:**

  Es variada según los intercambios químicos y aportes de agua exterior, e informa sobre su riqueza en electrolitos disueltos. (Duque, 2017)

- **La turbidez y transparencia:**

  Estas propiedades de las aguas de circulación varían en muchas ocasiones con su caudal. Las aguas de capas, contrariamente permanecen transparentes casi siempre por la filtración del sistema. Las de calizas presentan características intermedias entre las aguas de circulación y las de capas, dependiendo de la evolución del terreno calcáreo. Si el color es, por regla general, muy débil, salvo cuando están cargadas con sales de hierro, el sabor de unas aguas depende de las sales y de los gases en suspensión o solución. Y el olor de las no termales, resulta, por lo general, inodoro cuando son potables o fétido, similar al del hidrógeno sulfurado, cuando proceden de charcas por la descomposición de material orgánico. (Duque, 2017)

- **Composición:**

Desde el punto de vista químico cada fuente tiene una composición que depende de la constitución de las zonas subterráneas atravesadas y que le cede o con las que ha intercambiado sustancias. Las sales alcalinas son muy frecuentes, el cloruro de sodio se encuentra casi siempre y en cantidad generalmente aceptable para la alimentación humana. Los sulfatos alcalinos son más raros. El carbonato de calcio, con el sulfato de calcio es el elemento mineral más importante de las aguas subterráneas. (Duque, 2017)

De igual manera el agua también cuenta con unas características físicas que deben ser evaluadas entorno a la investigación y estudio que definen su estado actual a partir de unos valores ponderados o ya estimados por la resolución 2115 del 2007 en su artículo número 2.

CARACTERISTICAS FISICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	1
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Tabla 1: Resolución 2115 de 2007 articulo 2 (Min. de protección social, Min. De ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007)

- **Color aparente:**

El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitarios y opacar la ropa. Las pruebas se llevan a cabo por comparación con

un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua. (Orellana, 2005, pág. 2)

- **PH:**

  Es una forma de expresar la concentración de ion hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total. En el suministro de aguas es un factor que debe considerarse con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión. En las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos, el pH debe controlarse dentro de un intervalo favorable a los organismos. Tanto por estos factores como por las relaciones que existen entre pH, alcalinidad y acidez es importante entender los aspectos teóricos y prácticos del pH. (IDEAM, 2007, pág. 1)

- **Olor y sabor:**

  Los sabores y olores se deben a la presencia de substancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana. (Orellana, 2005)

- **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 del 50% en el agua de la fuente indica un cambio de 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 acreedora que provee o abastece agua para consumo humano.

(Ministerio de ambiente, vivienda y Desarrollo territorial y ministerio de protección social , 2007)

- **Turbidez:**

La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba. Los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar. (Orellana, 2005)

Es por esta razón, que la misma Resolución 2115 en su última versión, establece una tabla con unos valores mínimos permitidos en cuanto a puntaje de riesgo con relación a los resultados adquiridos de las muestras de laboratorio

CARACTERISTICAS	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al^{3+})	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
SUMATORIA DE PUNTAJES ASIGNADOS	100

Tabla 2: Resolución 2115 del 2007 Capítulo IV Artículo 13 (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Las siguientes fórmulas estiman los valores de riesgo, ya sea de muestra o mensual:

- **Por muestra**

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

Ilustración 1: Fórmula de índice por muestra ((Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

- **Mensual**

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

Ilustración 2: Fórmula de índice mensual (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

A partir de los resultados la resolución identifica una clasificación para cada resultado, donde resalta el nivel de riesgo y la acción a realizar.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Tabla 3: Clasificación IRCA (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

La siguiente tabla son las posibles tecnologías a implementar según el caso del agua en estudio con relación al contaminante que se va a remover:

TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis Inversa	Electrodiálisis Inversa	Intercambio Iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características Físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas Inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Niquel				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			
Trinalometanos Totales					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	
Organicos sintéticos									X			X	
Organicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

Tabla 4: Tecnología de tratamiento (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Marco legal

Normatividad	Año	Decreta	Objetivo	Importancia en la investigación
Resolución 2115	2007	El Ministerio de la protección Social	Señalar rasgos, herramientas básicas, periodicidades del medio de control e inspección para la calidad del agua destinada al consumo humano	Es de gran valor para la investigación debido a que nos aporta datos para el monitoreo en los sistemas de tratamiento para garantizar que el agua que se distribuye sea apta para el consumo humano
Resolución 1575	2007	El Ministerio de la protección Social	Determinar el método para el cuidado y vigilancia de la calidad del agua, con el propósito de Supervisar, evitar y regular los riesgos para la salud humana ocasionados por su uso, excluyendo el agua embotellada.	Es importante debido a que la Resolución compila toda la información sobre el resguardo y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano al igual que las entidades responsables de las mismas a nivel tanto nacional como departamental y local.
Resolución 0330	2017	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Requerimientos técnicos que se deben acatar en los períodos de diseño, construcción, funcionamiento, mantenimiento y	La resolución reúne todos los datos y parámetros para la realización del proyecto tanto del tratamiento para el agua cruda teniendo en cuenta las

		de Colombia	rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.	características físicas, químicas y microbiológicas de la misma.
Ley 142	1994	Constitución política de Colombia	Generar e implementar eficiencia para obtener una mayor viabilidad económica de las empresas, así como también la consecución de niveles más elevados de bienestar social	Esta ley nos ayuda aportando el régimen del servicio público domiciliario y su atención para brindar bienestar a las personas de la nación.
El Capítulo V artículo 365 y	1991	Constitución política de Colombia	Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley	Es fundamental recalcar que es deber del estado garantizar el acceso a servicios públicos entre ellos el agua potable para uso personal y domestico es por ello que determinamos el art. 365 para ello.

Marco geográfico

La institución María Inmaculada sede Puerta Blanca, es una escuela rural mixta de carácter público que ofrece un servicio educativo a niños que oscilan entre los 4 y 12 años de edad. El plantel educativo se encuentra ubicado en la vereda Puerta Blanca del municipio de Flandes en el departamento del Tolima, con dirección a la vereda Camala y a la vía que conduce el municipio de Coello y Espinal a pocos metros del peaje de Chicoral.

Macrolocalización

Flandes se encuentra situado en el centro oriente del departamento Tolimense, su cabecera municipal está a 4° 17' de latitud norte y 74° 49' de longitud al oeste.

Microlocalización

Zona ubicada entre el municipio de Coello y Flandes al norte y límite urbano al sur entre Flandes y Espinal - Girardot al oriente y vía Espinal - Chicoral al occidente

IED

La institución rural lozalizada en la zona rural de Puerta Blanca en Flandes está situado a pocos metros del peaje de Chicoral por la vía que conduce a Coello.

DISEÑO METODOLÓGICO

Para realizar cualquier tipo de proyecto de investigación es necesario trazar y seguir unos pasos, teniendo en cuenta que ellos nos brindan un plan de ayuda para llegar a obtener los resultados deseados, para lograr satisfacer las perspectivas del grupo de investigación del

proyecto, igualmente que, para la comunidad de la zona afectada y los directores, obteniendo unos buenos resultados.

El desarrollo o el plan metodológico sobre el cual el proyecto se fundamenta son de tipo aplicada, con enfoque mixto de carácter cualitativa y cuantitativa, en donde se recolectará información detallada respecto al problema para describir sus particularidades con exactitud, detallando las condiciones actuales en búsqueda de una solución que satisfaga tal incertidumbre, es así como se puede entender lo que quiere lograr ese enfoque mixto desglosándolo en sus partes que en palabras de (Hernández Sampieri , Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

> El enfoque cualitativo busca principalmente la “dispersión o expansión” de los datos e información, mientras que el enfoque cuantitativo pretende “acotar” intencionalmente la información, es por ello, que es de gran valor incluir los dos enfoques en una investigación Ingenieril, para tener soportes de cálculos teniendo en cuenta la obra a realizar, y de igual forma los datos característicos del entorno.

Como lo expresa (Hernández Sampieri , Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

> Un ingeniero civil puede llevar a cabo una investigación para construir un gran edificio. Emplearía estudios cuantitativos y cálculos matemáticos, analizaría datos estadísticos. Pero también puede enriquecer el estudio realizando entrevistas abiertas a ingenieros muy experimentados, asimismo, podría platicar con futuros usuarios de la edificación para conocer sus necesidades y adaptarse a éstas.

Es por ello que se plantea en nuestro proyecto el enfoque de carácter mixto donde se involucran los dos análisis y perspectivas de información para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de la mejor manera.

Fases

El diseño metodológico del proyecto se encuentra dividido en tres fases derivadas del objeto principal del proyecto, donde la primera consiste básicamente en la caracterización de la población o muestra, la segunda en el análisis de todos los estudios de calidad del agua, la tercera correspondiente a la identificación de las posibles tecnologías a implementar para el tratamiento del agua y finalmente el diseño del prototipo.

Primera fase: Caracterización de la población

La metodología del proyecto parte de una primera fase de caracterización a las personas que conforman el plantel educativo incluyendo a padres de familia, donde se recolectará información de primera mano por medio de encuestas de percepción estructuradas donde se indagarán aspectos de índole social en cuanto a la problemática, con la finalidad de obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos que sustenten la necesidad del proyecto, y que a su vez ya tabulados los resultados sean previamente analizados por medio de gráficos y evidencias fotográficas.

Segunda fase: Análisis de estudios de calidad de agua

Una vez obtenido todo el estudio en relación a la caracterización de calidad de agua cruda, se identifica la información para proceder al análisis, con la finalidad de plantear soluciones basadas en los resultados y la normativa; dichos parámetros corresponden a los químicos, microbiológicos y físico-químicos; donde los parámetros químicos pertenecen al análisis del resultado del porcentaje de pH presente en el agua, la conductividad que indica la concentración de sólidos disueltos, la turbidez y por último el amonio que sirve como prueba de contaminación y peligrosa para consumo.

Los parámetros microbiológicos, constituye a las bacterias coliformes y Escherichia Coli, y por último el análisis de los parámetros físico-químicos, correspondiente a los índices de color, olor y sabor.

Tercera fase: Evaluación de la posible tecnología a implementar

En esta fase referente a la evaluación de la posible tecnología de tratamiento, parte del análisis de todos los parámetros anteriormente dichos, y para estas tecnologías la resolución 2115 en su versión 2007, dispone de una tabla con relación a los contaminantes presentes en el agua.

TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis Inversa	Electrodiálisis Inversa	Intercambio Iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características Físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas Inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Niquel				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			
Trinalometanos Totales					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	
Organicos sintéticos									X			X	
Organicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

Tabla 5: Tecnología de tratamiento (Min. De protección social, Min. De ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Con base en a los resultados de laboratorio, los análisis y los estudios previos se evalúa la viabilidad tratamiento para su óptimo funcionamiento dando cumpliendo al principal objeto del proyecto, estudiando los índices o valores establecidos por norma para cada procedimiento.

Cuarta fase: Diseño del prototipo

Para esta última y determinante fase, se delimita de acuerdo a todos los estudios previamente analizados, poniendo en marcha todo un sistema de montaje para la elaboración del prototipo de tratamiento de agua en la zona rural del municipio de Flandes, atendiendo a lo dispuesto en las normas del territorio nacional, tales como la 2115 del 2007 y la 1575 del mismo año para calidad de aguas, a su vez considerando los parámetros de diseño propuestos y estipulados por la Resolución 0330 del 2017.

Ilustración 3. IED Maria Inmacula - Sede Puerta Blanca

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El proyecto pretende dar solución a una problemática emergente en la IED María Inmaculada en la vereda de Puerta Blanca del municipio de Flandes en el departamento del Tolima, con un prototipo de tratamiento de aguas subterráneas contribuyendo a la no ingestión y uso de aguas contaminadas tanto para la población infantil como para los entes institucionales, mitigando el riesgo de enfermedades como la diarrea y el cólera, y demás afectaciones a la salud implementando tecnología que sea óptima para su tratamiento y funcionamiento según lo establecido en la resolución 0330 del 2017.

Si bien, la materialización del prototipo es el objeto principal que se quiere llevar a cabo con la realización del proyecto, también se aspira brindar a la comunidad información de los posibles daños a la salud por los cuales han sido sometidos a consecuencia de este problema y de cómo se verán beneficiados incentivando el bueno uso del agua y todo lo que conlleva la materialización del proyecto, para de esta manera generar conocimiento y la aprobación de la comunidad rural. De igual manera en el ámbito profesional, se pretende abrir más el campo de conocimiento fortaleciendo la capacidad científica con el desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas fomentando nuevas investigaciones para próximos proyectos ingenieriles en el ámbito de tratamiento de aguas.

Caracterización de la población:

El proyecto de investigación derivado del semillero Aguas del Alto Magdalena en la Universidad Piloto de Colombia que pretende desarrollar el tratamiento de aguas subterráneas para uso doméstico, aplicado en el municipio de Flandes en el departamento del Tolima para ayudar a la comunidad vulnerable de la Institución Educativa María Inmaculada – sede Puerta Blanca que tiene como población objetivo de 30 personas con las que cuenta la institución en lo que

abarca 1 docente, 27 estudiantes, y 2 habitantes del recinto según funcionarios de la alcaldía Municipal de Flandes Tolima, ya que no cuentan con el servicio de agua potable e higiene aptos, es por ello que la comunidad educativa debe acudir a consumir agua con contaminantes causando posibles afectaciones a la salud como diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea, la poliomielitis, el dengue, malnutrición, o a comprar agua, de igual manera ocasionando el deteriorando el desarrollo socio-económico y ambiental del establecimiento educativo. Como expresa la página principal de la IED María Inmaculada la escuela rural mixta Puerta Blanca de Flandes Tolima se creó o se fundó hacia el año de 1972, con el apoyo e interés de los dueños de la empresa Agro-Camala. La cual dispuso una parte de un lote para la construcción de la escuela que iba a ser para el servicio de los hijos de los trabajadores de la empresa principalmente. Se construyó un salón grande con su respectivo tablero, junto a este dos pequeñas piezas que serían para las personas que irían a cuidar. (Institución Educativa Maria Inmaculada , 2021)

Esto lo hicieron con el fin de poder solucionar en parte el problema de la educación de los hijos de los empleados de esta empresa, ya que no tenían donde recibir educación. De esta forma se inicia la educación en la escuela rural mixta Puerta Blanca de la vereda Camala. Después la alcaldía de Flandes hizo la diligencia y los tramites respectivos para recuperar este establecimiento, gracias al esfuerzo e interés del honorable alcalde ya fallecido Luis Alfonso Arias Cortes. (Institución Educativa Maria Inmaculada , 2021). En el año 1995 hizo construir un aula para mejorar el servicio a la comunidad educativa, de igual manera en ese mismo año se protocolizo la escuela y pasa a ser parte del gobierno. La escuela en el año 2002 se fusiona al Centro Educativo Cámala y en el año 2008 entra a formar parte de la Institución Educativa María Inmaculada sede número siete. En la actualidad se cuenta con una matrícula de 13 niños entre preescolar y quinto de primaria orientados por el docente

nombrado mediante concurso en el mes de mayo de 2010. (Institución Educativa Maria Inmaculada , 2021)

- ***Herramientas***

RECURSO HUMANO		
N°	**Nombre**	**Responsabilidad**
1	Diana Carolina Romero Sanabria	Autor y ejecutor de la propuesta
2	Jorge Alexander Sánchez Caicedo	Autor y ejecutor de la propuesta
3	Jesús Flaminio Ospitia Prada	Ing. Civil - Asesor
4	Oscar Efrén Ospina Zúñiga	Ing. Civil - Asesor
5	Yeison Ramiro Romero	Docente y Coordinador del establecimiento
6	Alcaldía de Flandes Tolima	Grupo de Interés
7	Comunidad educativa Vereda Puerta Blanca en la IED María Inmaculada	Población Vulnerable
8	Jeannette Saenz	Ejecutora de la encuesta a la población

Tabla 6 Recurso Humano durante el desarrollo de la investigación y materialización del prototipo. Fuente: Propia

Para la obtención de la información parte de una fuente de tipo primaria, partiendo de una visita de campo donde se observará las condiciones actuales de los aljibes y una observación del entorno en estudio, posteriormente se realizará una encuesta estructurada de percepción a la comunidad, donde se verá reflejada el menester del proyecto, donde se pretende identificar ciertas variables que inciden en el desarrollo del proyecto.

RECURSO MATERIAL	
N°	**Prototipo**
1	Tapa HDPE roscado
2	**Grifo 1/2"**
3	Niple y acoples
4	recipiente HDPE 45 L
5	Tubo PVC sanitaria 6" x 1 m
6	Tapón PVC 6"
7	Grava 1-2"
8	Arena sílice
9	carbón activado Granular
N°	**Investigación**
1	Portátil
2	Documentación
3	Transporte
4	Papelería (lapiceros, hojas, entre otras...)
5	Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint…)
6	Conexión a web

Tabla 7: Tabla de recurso material Fuente: propia

La siguiente encuesta, es una herramienta de recolección de información que está avalado por la decanatura del programa para efectos de la recolección de datos correspondientes al proyecto de investigación antes mencionada, como consta en el acta de comité de estudios que reposa en la Universidad Piloto De Colombia Seccional del Alto Magdalena año 2023.

Encuesta dirigida a la comunidad de la vereda Puerta Blanca del municipio de Flandes – Tolima

Problema: Consumo de agua no apta para consumo y uso doméstico en la institución educativa

Objetivo: Diseñar un prototipo de tratamiento de agua subterránea

Nombre: _____

1. ¿Edad?

35-40	
41-50	
51-60	
61-70	
>70	

Para cualquier tipo de encuesta de caracterización, es fundamental hacer un análisis demográfico, que implique conocer el rango de edad del entrevistado como un dato estadístico de la población vulnerable.

2. ¿Sabe usted que es un acueducto?

SI _____ NO _____

Esta pregunta surge básicamente con el propósito de conocer que tanto la comunidad sabe con respecto a un sistema de tratamiento de aguas para su potabilización, considerando la falta de la calidad hídrica por la que padecen

3. ¿Goza la vereda de los servicios de un acueducto para potabilizar el agua?

   SI _____ NO _____

   Es importante evaluar si la población en estudio cuenta con este servicio debido a que existe un alto porcentaje que no cuenta con esta red de abastecimiento, vulnerando un derecho según la ley 142 del 1994.

4. ¿De dónde se abastece de agua para el consumo?

Acueducto	
Río	
Aljibe	
Otro	

   Teniendo en cuenta el objeto del proyecto, esta pregunta es fundamental considerando las acciones a las que recurren derivada de la problemática local.

5. ¿El agua para preparar los alimentos es tomada de la misma fuente que el agua para el aseo personal y de la casa?

   SI _____ NO _____

   Es vital identificar en este estudio, los puntos de abastecimiento de agua tanto para consumo como para aseo personal, para de esta manera establecer si es apto para garantizar la salud de la población.

6. ¿tienes niños estudiando en la institución Educativa de la vereda?
   SI____ NO_____

Identificar las familias que tienen niños en la vereda, nos brinda un indicador estadístico de la población directamente beneficiada con el proyecto

7. ¿Tiene la Institución educativa el programa PAE al servicio de los estudiantes?

SI____ NO_____

Se realizó esta pregunta con el fin de distinguir si el no tratamiento de agua potable afecta la alimentación de los estudiantes dentro de la intuición, ya que el programa de alimentación escolar, debe ser brindado a todos los estudiantes matriculados en establecimiento oficial en Colombia.

8. Si no cuentan con agua potable en la institución Educativa sede Puerta Blanca, ¿Cómo hacen los estudiantes para consumir agua potable?

Hay Filtro en la escuela	
No beben agua mientras permanecen en la Institución Educativa.	
Llevar agua en recipientes desde la casa	

Se efectúa con la intención de entender que medios utiliza los estudiantes de la Institución para consumir agua, y si su método puede llegar a tener afectaciones económicas o la salud.

9. ¿Cree usted que es necesario filtrar el agua en la escuela para que los estudiantes puedan consumir agua potable?

SI____ NO_____

Con el fin de reconocer la opinión de la población al respecto del tratamiento del agua, para beneficiar a los estudiantes.

10. Si colocaran un filtro en la escuela para beneficio de la comunidad educativa, ¿Usted replicaría el modelo en su casa con la ayuda de los creadores de este?

SI____ NO_____

El averiguar si tomarían en cuenta el tratamiento de agua que se realizará en la Institución Educativa para repetirlo en su hogar nos brinda el impacto que lograría el desempeño del proyecto.

11. ¿Sabe usted que área ocupa la vereda?

SI____ NO_____

Determinar el área que tiene la vereda que se va a beneficiar con el tratamiento de agua en la Institución proporciona información con respecto a la caracterización perimetral.

12. ¿Conoce usted el tiempo que lleva de construido el aljibe de la institución educativa?

SI____ NO_____

El tiempo de construcción del aljibe proporciona un rango de vida útil, es decir, si ya cumplió su ciclo de uso

13. ¿Conoce usted si al aljibe de la institución educativa se le realiza limpieza continuamente?

SI____ NO_____

Es relevante indagar si a esta estructura se le realiza un mantenimiento constante y adecuado, puesto que a partir de ella se garantiza su funcionamiento y sus estándares de calidad.

14. ¿Conoce cuál es la capacidad que tiene el aljibe de la Institución Educativa en la captación de agua?

SI____ NO_____

Recopilar información de la estructura aporta a la investigación el conocer el volumen de agua con el cual cuenta el establecimiento.

15. Número de familias de la vereda.

Permite caracterizar demográficamente a la población exacta de la vereda donde se encuentra la institución en estudio.

- ***Resultados de encuesta***

1. Edad

35-40	8
41-50	12
51-60	10
61-70	10
>70	5
Total de encuestados	**45**

Tabla 8 Resuktados de la encuesta pregunta 1 fuente: elaboración propia

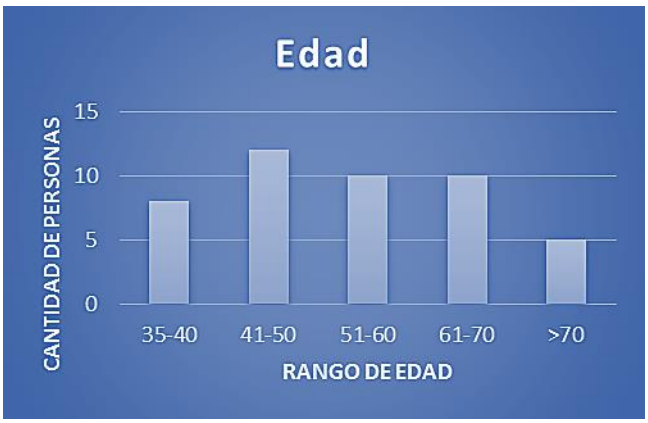


Figura 1 Resuktados de la encuesta pregunta 1 fuente: elaboración propia

Se denota que los padres o acudientes de la comunidad educativa son personas mayores a 50 años que por su condición probablemente sea necesario tener un lugar educativo más cercano y adaptable para sus hijos confiando en su salubridad e integridad para cumplimiento de las labores.

2. ¿Sabe usted que es un acueducto?

Si	45
No	0

Tabla 9 Resuktados de la encuesta pregunta 2 fuente: elaboración propia

Figura 2Resuktados de la encuesta pregunta 2 fuente: elaboración propia

En los resultados se evidencia que la comunidad conoce la finalidad de un sistema de acueducto, por lo que para ellos es evidente la falta de un sistema que garantice el consumo y uso de agua potable para una población infantil que necesita de una institución con esta característica.

3. ¿Goza la vereda de los servicios de un acueducto para potabilizar el agua?

Si	0
No	45

Tabla 10 Resuktados de la encuesta pregunta 3 fuente: elaboración propia

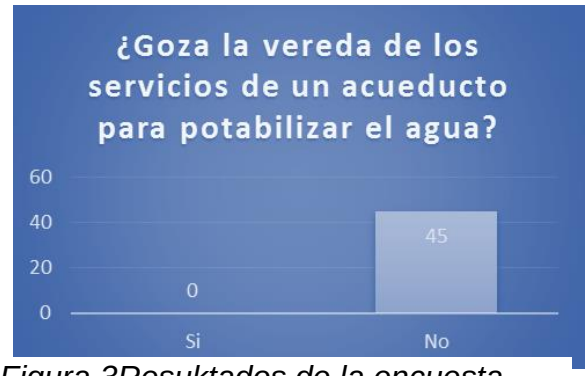


Figura 3Resuktados de la encuesta pregunta 3 fuente: elaboración propia

La vereda Puerta Blanca del municipio de Flandes no cuenta con un servicio de acueducto que satisfaga el consumo de agua apta para sus hogares, de igual forma la institución no

brinda este servicio a sus estudiantes o personas del establecimiento, lo cual incurre en una violación a sus derechos.

4. ¿De dónde toma el agua para el consumo?

Acueducto	0
Rio	0
Algibe	42
Otro	3

Tabla 11Resuktados de la encuesta pregunta 4 fuente: elaboración propia

Figura 4 Resuktados de la encuesta pregunta 4 fuente: propia

Casi que el 100% de la población de la vereda consume agua de un aljibe que no cuenta con los mínimos estándares de calidad, lo que directamente trae consigo un sinnúmero de enfermedades a todo tipo de población, y una pequeña parte de la población compra el agua en tiendas de barrio, incurriendo gastos económicos a una población de muy bajos recursos.

5. ¿El agua para preparar los alimentos es tomada de la misma fuente que el agua para el aseo personal y de la casa?

Si	45
No	0

Tabla 12 Resuktados de la encuesta pregunta 5 fuente: propío

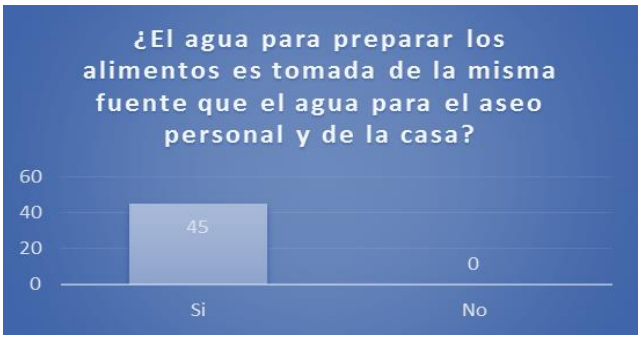


Figura 5Resuktados de la encuesta pregunta 5 fuente: propío

Es poco recomendable que el agua para consumo humano sea de un lugar sin salubridad, en la que cuentan con bacterias o enfermedades las cuales los infantes de esta comunidad están expuestos al no tener su sistema de agua potable integral con el cual puedan establecer un desarrollo integral.

6. ¿Tienes niños estudiando en la institución educativa de la vereda?

Si	8
No	37

Tabla 13Resultados de la encuesta pregunta 6 fuente: propío

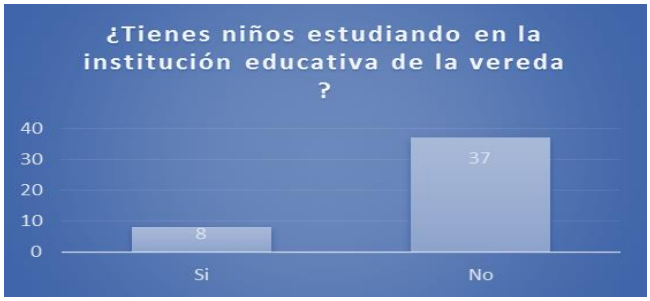


Figura 6Resultados de la encuesta pregunta 6 fuente: propío

Por los resultados que vemos los niños de esta comunidad se han visto obligados a ir a otras instituciones o posiblemente a renunciar a estudiar por este momento, debido a que las actuales instalaciones de la institución no brindan el servicio de agua potable, lo que les incurre en un gasto mayor al tener que proveerles agua para llevar constantemente a sus hijos, teniendo en cuenta que son personas de bajos recursos.

7. ¿Tiene la Institución Educativa el programa PAE al servicio de los estudiantes?

Si	0
No	45

Figura 8Resultados de la encuesta pregunta 7 fuente: propío

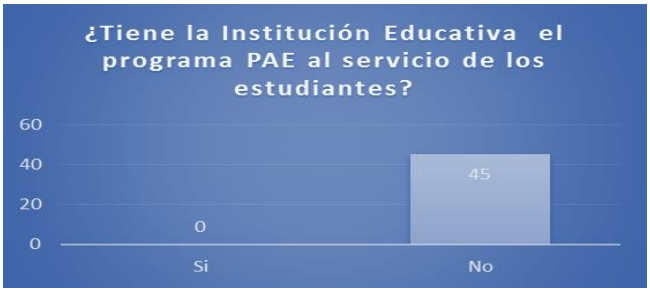


Figura 7Resultados de la encuesta pregunta 7 fuente: propío

Ya que la institución no cuenta con el servicio de agua potable el programa de alimentación escolar no se puede llevar a cabo sin este servicio por ello los estudiantes se ven afectados aún más por esta deficiencia del lugar.

8. Si no se tiene agua potable en la Institución educativa de puerta blanca, ¿Cómo hacen los estudiantes para consumir agua?

Hay filtro en la escula	0
No beben agua mientras permanecen en la Institución Edicativa	0
Llevan agua en recipientes desde la casa	45

Tabla 14Resultados de la encuesta pregunta 8 fuente: propío

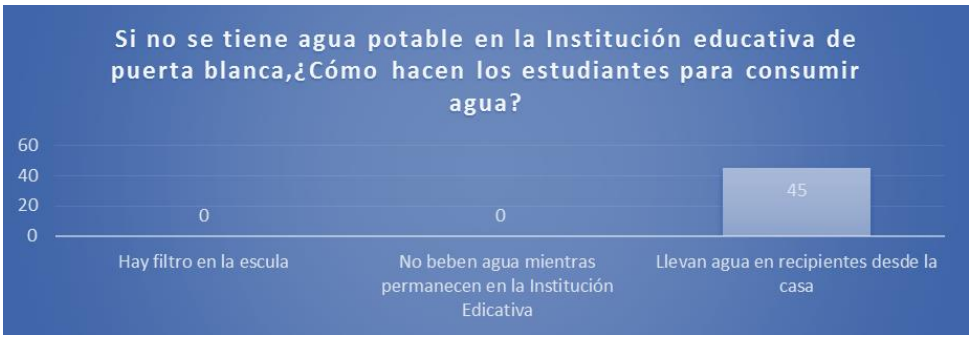


Figura 9Resultados de la encuesta pregunta 8 fuente: propío

Al no contar con servicio en la institución los padres se ven obligados a incorporales en sus hijos un envase de agua que se tiene que comprar ya que ellos tampoco cuentan con agua salubre en sus hogares, por lo que generan más gastos económicos.

9. ¿Cree usted que se hace necesario filtrar el agua en la escuela para que los estudiantes puedan consumir agua potable?

Si	45
No	0

Tabla 15Resultados de la encuesta pregunta 9 fuente: propío

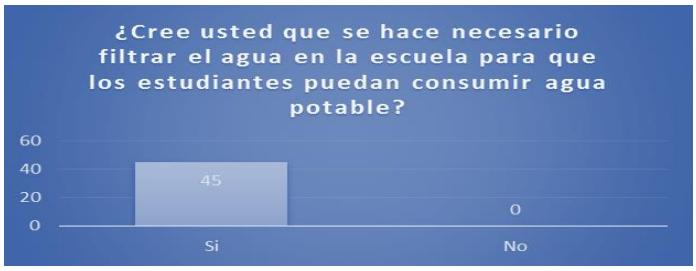


Figura 10 Resultados de la encuesta pregunta 9 fuente: propío

La población de la Vereda Puerta Blanca, cree que es necesario el filtrar el agua como mecanismo o sistema de potabilización para el consumo del vital líquido, porque reconocen el daño y los riesgos a la salud que trae consigo el consumo de agua con contaminantes presentes.

10. Si colocaran un filtro en la escuela para beneficio de la comunidad educativa, ¿usted replicaría el modelo en su casa con la ayuda de los creadores de este?

Si	45
No	0

Tabla 16Resultados de la encuesta pregunta 10 fuente: propío

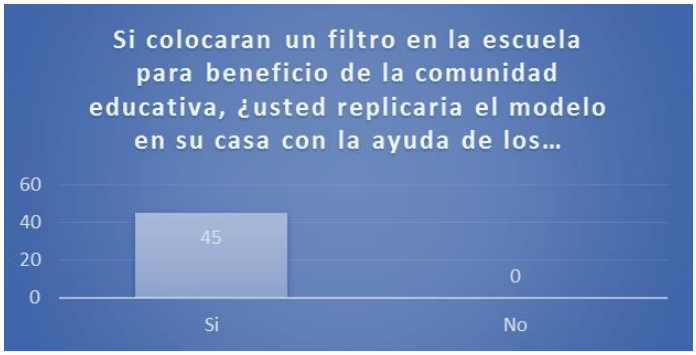


Figura 11Resultados de la encuesta pregunta 10 fuente: propío

La comunidad está dispuesta a replicar el modelo de tratamiento propuesto, puesto que son conscientes de los beneficios que aporta prototipo para su salud.

11. ¿Sabe usted que área ocupa la vereda?

Si	0
No	45

Tabla 17 Resultados de la encuesta pregunta 11 fuente: propío

Figura 12 Resultados de la encuesta pregunta 11 fuente: propío

La comunidad de Puerta Blanca desconoce el territorio que ocupan en m2, por lo cual es un dato con cierta incertidumbre para su estudio en relación a Institución Educativa en temas de caracterización.

12. ¿Conoce usted el tiempo que lleva de construido el aljibe de la institución educativa?

Si	6
No	39

Tabla 18Resultados de la encuesta pregunta 12 fuente: propío

Figura 13Resultados de la encuesta pregunta 12 fuente: propío

Años de construcción	Personas
80	1
69	1
50	2
16	1
10	1

Tabla 19 Resultados de la encuesta pregunta 12 fuente: propío

Figura 14 Resultados de la encuesta pregunta 12 fuente: propío

La mayor parte de la población desconoce el tiempo de construido del aljibe que se encuentra en la Institución, por ende, no saben si esta estructura ya cumplió con su tiempo de vida útil y poder hacer un llamado a los entes responsables. Por otro lado, quienes afirman saberlo, respondieron en líneas generales que el aljibe tiene aproximadamente 50

años de construido, concluyendo de esta manera que la estructura hace dos periodos de tiempo cumplió su ciclo de uso.

13. ¿Conoce usted, si al aljibe de la institución educativa se le realiza limpieza continuamente?

Si	7
No	38

Tabla 20 Resultados de la encuesta pregunta 13 fuente: propío

Figura 15 Resultados de la encuesta pregunta 130 fuente: propío

La población desconoce si se realiza procesos de tratamiento o limpieza al aljibe para garantizar el bienestar de las personas que se abastecen de la misma.

14 ¿Conoce cuál es la capacidad que tiene el aljibe de la Institución educativa en la captación de agua?

Si	4
No	41

Tabla 21 Resultados de la encuesta pregunta 14 fuente: propío

Figura 16 Resultados de la encuesta pregunta 14 fuente: propío

Posible Capacidad en m^3 según encuestados.	
m3	N° de personas
3	1
4	1
7	1
8	1

Tabla 22 Resultados de la encuesta pregunta 14 fuente: propío

Figura 17 Resultados de la encuesta pregunta 14 fuente: propío

Más del 90% de la población encuestada no sabe la capacidad en m3 que puede albergar la estructura, para lo cual no saben si está satisface la capacidad de uso y consumo para todo el plantel educativo, y de las 4 personas que respondieron que “sí” todas afirmaron una capacidad diferente, lo que se lleva a concluir que no se sabe a ciencia cierta el volumen del aljibe y su capacidad para suministrar.

15 Número de familias de la vereda

80	0
70	0
60	0
50	45

Tabla 24 Resultados de la encuesta pregunta 15 fuente: propío

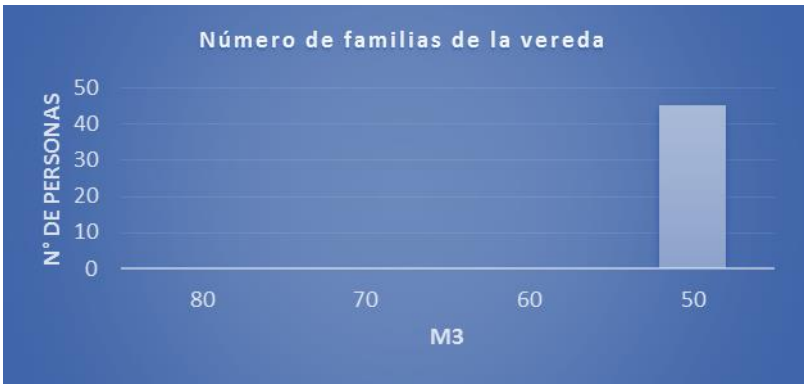


Tabla 23Resultados de la encuesta pregunta 150 fuente: propío

En total son 50 familias que hacen parte de la comunidad de la vereda Puerta Blanca, donde se encuentra localizada la institución, para lo cual es un dato que a nivel estadístico proporciona información del nivel de impacto del proyecto.

Análisis de estudios de calidad de agua

Para el análisis de los estudios de calidad de aguas se observaron diferentes parámetros que causan que la calidad el agua sea poco óptima para uso doméstico, las cuales fueron el tanque de almacenamiento con poca limpieza, el aljibe sin mantenimiento y contaminantes a los que se expone el agua en el mismo tanque.

Ilustración 4 toma de muestra para laboratorio de calidad de agua Fuente: propia

Se realiza la toma de muestra de agua para los previos estudios de laboratorio que se realizaron en la entidad de Aguaslab, y en laboratorio educativo UCC con la ayuda del ing. Oscar Efrén Ospina Zúñiga, así mismo se efectuó una toma de muestra para en Laboratorio del club social de profesores de la universidad Nacional de Colombia de Bogotá D.C. fuente: Fabián Eduardo López Polania & Juan Fernando Bernal Salguero de estos resultados en conjunto que se verán a continuación:

Tabla 25 Informe de Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Humano solicitantes Fabián Eduardo López Polania & Juan Fernando Bernal Salguero

Informe de Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Humano

FUENTE DE ABASTECIMIENTO POZO SUBTERRANEO (ALJIBE), ESCUELA PUERTA BLANCA.

LABORATORIO DEL CLUB SOCIAL DE PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA DE BOGOTA D.C.

IRCA por Muestra

Muestra No. 001		**Contra muestra PP:** NO
Fecha de Toma: 2022/03/08 3:00 p.m.	**Fecha Recep. Laboratorio:** 2022/03/09 06:00 am	**Fecha Análisis Laboratorio:** 2022/03/09 06:00 am
Muestra Tomada Por: WILLIAM A. SAENZ AGUILAR	**Desinfectante:** N/A	**Coagulante:** N/A
Análisis Solicitados: Microbiológico, Físico, Químico, Adicional, In -Situ	**Resultados para:** ESTUDIO DE POTABILIZACION	**Tipo de Muestra:** CRUDA

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Vereda: PUERTA BLANCA	**Municipio:** FLANDES	**Departamento:** TOLIMA

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: TOLIMA	**Municipio:** FLANDES	**Población:** 200	**Clase:** Punto Inicial
Lugar: ESC. PTA BLANCA	**Nombre del Punto:** ALBERCA	**Código Punto:** 0001	
Dirección: Escuela Puerta Blanca, Vda. Pta. Blanca, Flandes- Tolima.	**GPS:** 4°14'34.7" S (N-S) - 74°53'11.8" O (E-O)		
Concertado: NO		**Intradomiciliario:** NO	

ANÁLISIS IN-SITU

Caracteristica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
pH In-situ	SM 4500-H+ B	7.4	Unidades de PH	6.5 A 9	Aceptable
Color Aparente In-Situ	FOTOMÉTRICO	0	UPC	0 A 15	Aceptable
Turbiedad In-Situ	Fotométrico	0.35	UNT	0 A 2	Aceptable
Cloro Residual Libre In-Situ	Fotométrico	0.00	mg Cl2/L	0.3 A 2	No Aceptable
Temperatura In-Situ	Termómetro	20.38	Grados Celsius	0 A 60	Aceptable

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Caracteristica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	SM 2320 B (INDICADOR)	290	mg CaCO3/L	0 A 200	No Aceptable
Cloro Residual Libre	SM 4500-Cl F	0.00	mg Cl2/L	0.3 A 2	No Aceptable
Coliformes Totales	ENSAYO ENZIMA-SUSTRATO SM 9215E	5	UFC/100ml - NMP/100ml	0 A 0	No Aceptable
Color Aparente	SM 2120 C	1	UPC	0 A 15	Aceptable
Hierro Total	Fotométrico	0.00	Mg Fe/L	0 A 0.3	Aceptable
Manganeso	Fotométrico	0.0	mg Mn/L	0 A 0.1	Aceptable
Dureza Total	SM 2340 C	250	mg CaCO3/L	0 A 300	Aceptable

E.Coli	ENSAYO ENZIMA-SUSTRATO STANDARD METHODS 9223 B	1	UFC/100ml - NMP/100ml	0 A 0	No Aceptable
pH	SM 4500-H+ B	7.1	Unidades de PH	6.5 A 9	Aceptable
Turbiedad	NEFELOMETRICO SM 2130 B.	0.30	UNT	0 A 2	Aceptable

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico

ANÁLISIS ADICIONALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Conductividad	SM 2510 B	240	u siemens/cm	0 A 1000	Aceptable
Olor	NO REGISTRA	0	n/a	0 A 0.99	Aceptable
Sabor	NO REGISTRA	0	n/a	0 A 0.99	Aceptable

Fuente: Fabián Eduardo López Polania & Juan Fernando Bernal Salguero

Ilustración 6Fotometro de Análisis Ambiental. sede puerta blanca fuente: Fabian Eduardo López polania & Juan Fernando Bernal Salguero

Ilustración 5 Punto de medic ion sede Puerta Blanca Fuente: Fabian Eduardo López Polonia & Juan Fernando Bernal Salguero

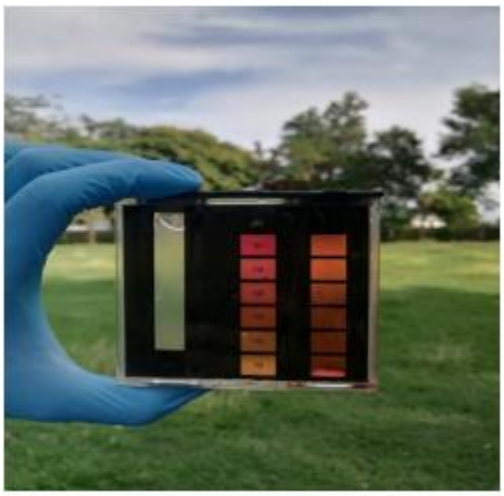


Ilustración 7Ph. fuente: Fabian Eduardo López Polania & Juan Fernando Bernal Salguero

Tabla 26 Resultados de laboratorio Aguaslab informe completo en anexos

RESULTADO FISICOQUIMICO			
PARÁMETROS ANALIZADOS	**MÉTODO ANALÍTICO**	**UNIDADES**	**RESULTADOS**
Color aparente	Espectrofotométrico	UPC	2
Sulfatos	Turbidímetro	mg/L SO4	125
Manganeso	Espectrofotométrico	mg/ L Mn	0,08
Nitritos	Colorimétrico	mg/ L NO2	0,002
Hierro total	Colorimétrico	mg/ L Fe	0,04
Conductividad	Electrométrico	mg/ Ll S/m	875
Oxígeno disuelto	Electrométrico	mg/ L NO2	6,5
Nitratos	Colorimétrico	ml/ L N03	1
RESULTADO BACTERIOLÓGICO			
PARÁMETROS ANALIZADOS	**MÉTODO ANALÍTICO**	**UNIDADES**	**RESULTADOS**
Coliformes totales	N.M.P / 100 ML	NMP/ 100L	12400
Escherichia coli	N.M.P / 100 ML	NMP/ 100L	1130

Fuente: Aguaslab, Formato elaborado por autores

Ilustración 8. Análisis según normatividad para consumo humano del aljibe

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS
Aluminio	0,162
Cromo	0,025
Sulfatos	58
Zinc	0,13
Nitratos	1,7
Nitritos	0,016
Cobre	0,07
Cianuro	0,005
Hierro	0,13

Fuente: Laboratorio UCC analizáis realizado por Oscar Efrén Ospina Zúñiga, Formato elaborado por autores

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 (MAX ACEPTABLE)
Cianuro	mg/l CN-	0,05
Cobre	mg/l Cu	1
Cromo	mg/l Cr	0,05
pH	Unidades de pH	9
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
color residual libre	mg Cl2/L	2
Turbidez	NTU	2
Olor y Sabor	Fisica	Aceptable
Conductividad	mg/ Ll S/m	1000
Alcalinidad	mg/L CaCO3	200
Dureza Total	mg CaCO3 / L	300
Sulfatos	mg/l $SO_4$2-	250
Aluminio	mg/L AL	0,2
Zinc	mg/lt Zn	3
Manganeso	mg Mn / L (ppm)	0,1
Hierro Total	mg/ L Fe	0,3
N-Nitrito	mg N-NO_2/L	0,1
N-Nitrato	mg N-NO_3/L	10
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	0

Tabla 27 Parametros analizados con maximos aceptables según la Res 2115 del 2007.fuente: propia

Al obtener los resultados del estudio se realiza un análisis comparativo con respecto al IRCA y a la resolución 2115 DE 2007 de los cuales se tienen resultados de los parámetros que cumplen o no para realizar la evaluación del tratamiento que se debe emplear en el prototipo estos resultados se ven a continuación:

Tabla 28 análisis comparativo de estudios de calidad de agua cruda con respecto al IRCA y a la resolución 2115 DE 2007 por: Autores

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 (MAX ACEPTABLE)	RESULTADO DE LABORATORIO DE AGUA ANTES DEL PROTOTIPO	RESOLUCIÓN 2115 VS AGUA ANTES DEL PROTOTIPO	INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, IRCA	PUNTAJE IRCA AGUA ANTES DEL PROTOTIPO
Cianuro	mg/l CN-	0,05	0,005	CUMPLE	0	0
Cobre	mg/l Cu	1	0,07	CUMPLE	0	0
Cromo	mg/l Cr	0,05	0,025	CUMPLE	0	0
pH	Unidades de pH	9	7,1	CUMPLE	1,5	0
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	2	CUMPLE	6	0
color residual libre	mg Cl2/L	2	0	NO CUMPLE	15	0
Turbidez	NTU	2	0,3	CUMPLE	15	0
Olor y Sabor	Fisica	Aceptable	Aceptable	CUMPLE	0	0
Conductividad	mg/ Ll S/m	1000	875	CUMPLE	0	0
Alcalinidad	mg/L CaCO3	200	290	NO CUMPLE	1	0
Dureza Total	mg CaCO3 / L	300	250	ALERTA	1	0
Sulfatos	mg/l $SO_4$2-	250	125	CUMPLE	1	0
Aluminio	mg/L AL	0,2	0,162	ALERTA	3	0
Zinc	mg/lt Zn	3	0,13	CUMPLE	1	0
Manganeso	mg Mn / L (ppm)	0,1	0,08	ALERTA	1	0
Hierro Total	mg/ L Fe	0,3	0,04	CUMPLE	1,5	0
N-Nitrito	mg N-NO_2/L	0,1	0,02	CUMPLE	3	0
N-Nitrato	mg N-NO_3/L	10	1,7	CUMPLE	1	0
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	0	12400	NO CUMPLE	15	15
Escherichia Coli	NMP/ 100mL	0	1130	NO CUMPLE	25	25
					91	**40**
PUNTAJE DE IRCA AGUA ALMACeNADA ANTES DEL PROTOTIPO						**44%** **PUNTAJE ALTO**

De esto obtenemos que se debe remover los **microrganismos patógenos, Color residual libre. Alcalinidad** y disminuir los parámetros en alerta que se encuentran **Dureza Total (mg CaCO3 / L), Aluminio (mg/L AL), Manganeso (mg Mn / L (ppm)),** de igual forma se denota que el nivel de riesgo con respecto al IRCA es de un puntaje alto con un 44% del mismo, dependiendo de la tabla que se ve a continuación según la resolución 2115 de 2007.

Tabla 29. Relación del nivel de riesgo en salud según el IRCA

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Es por esto que se desea realizar un análisis profundo de los resultados obtenidos para hallar la tecnología debida para el caso de estudio que cumpla con las condiciones de calidad de agua de la resolución 2115 de 2007.

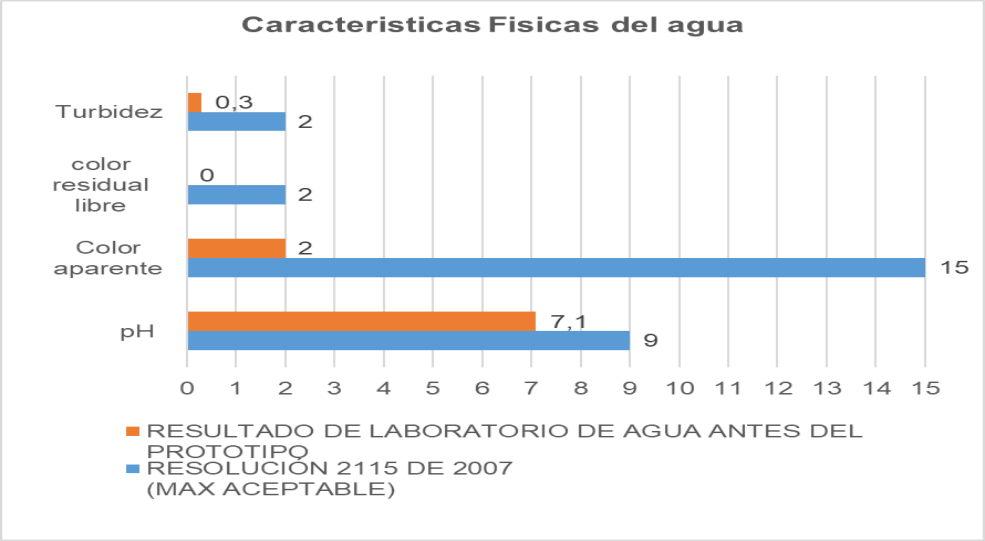


Figura 18 Análisis Fisicoquímicos según la normatividad para el consumo humano –formato elaborado por autores

De acuerdo con la figura n°18 interpreta los resultados logrados del punto de

muestreo del aljibe, la cual se evidencia que el color residual libre no cumple ya que es menor el valor permitido que es de 0,3 a 2 según la normatividad, así mismo se denota en la grafica n° 19 la alcalinidad no cumple con los parámetros permitidos ya que sobrepasa el máximo admisible según la norma

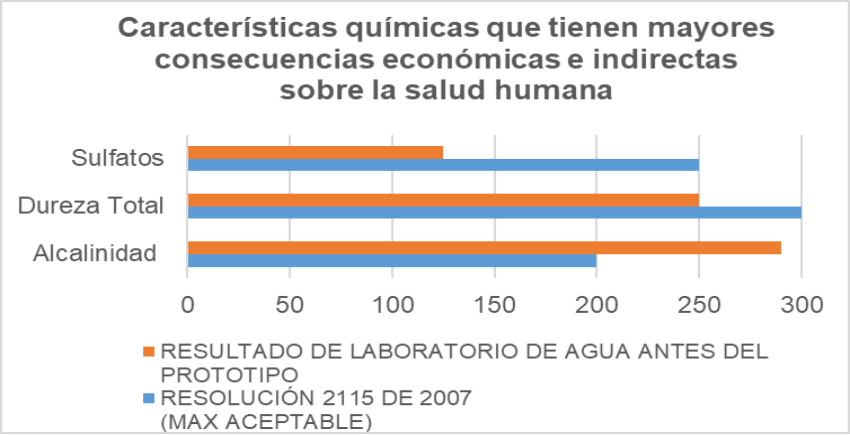


Figura 19Análisis químicos según la normatividad para el consumo humano –formato Elaborado por autores

En la grafica n°20 de los resultados obtenidos se tiene que tanto el aluminio como el manganeso están en alerta de incumplir los limites permisibles lo que se desea subsanar,

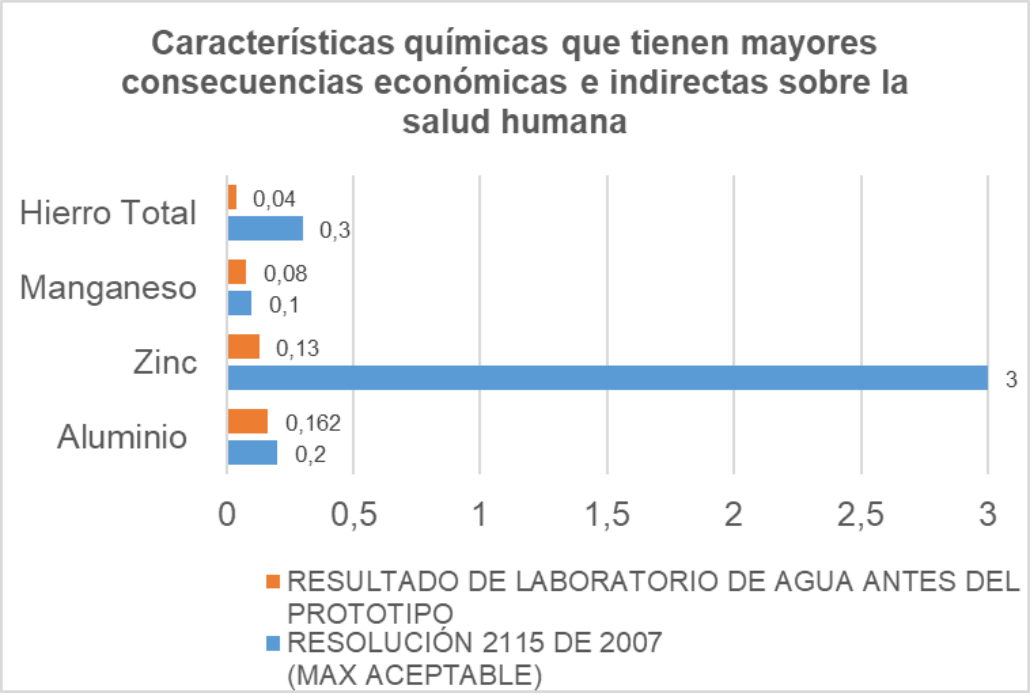


Figura 20Análisis químicos según la normatividad para el consumo humano –formato Elsaborado por autores

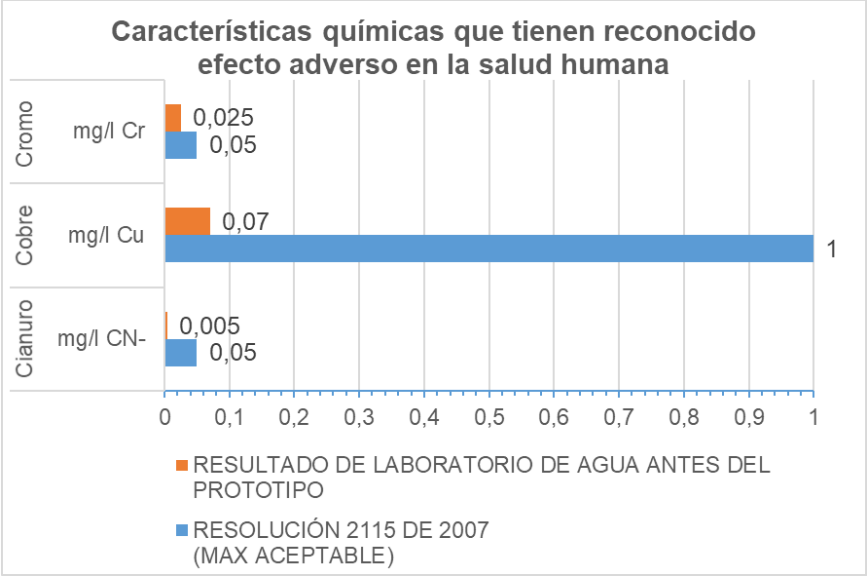


Figura 21Análisis químicos que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana según la normatividad para el consumo humano –formato Elsaborado por autores

De lo anterior en la grafica n°21,, se tiene que tanto el cromo, cobre, y cianuro cumplen con el margen regulado de la resolución 2115 del 2007

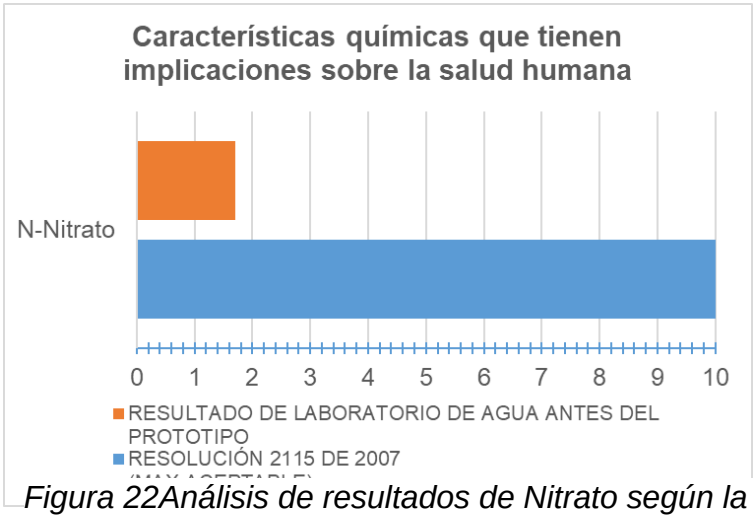


Figura 22Análisis de resultados de Nitrato según la normatividad para el consumo humano –formato Elaborado por autores

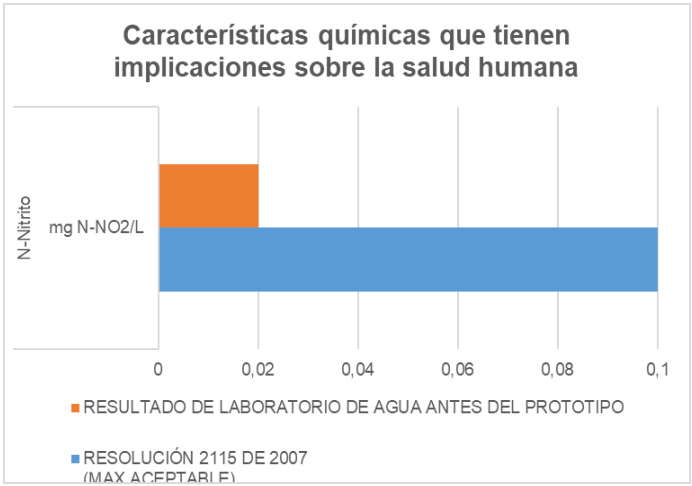


Figura 23Análisis de resultados de Nitrito según la normatividad para el consumo humano – formato Elaborado por autores

Como vemos en las figuras n° 22 y n°23 se denota que tanto los Nitritos como los nitratos cumplen con los limites permisibles.

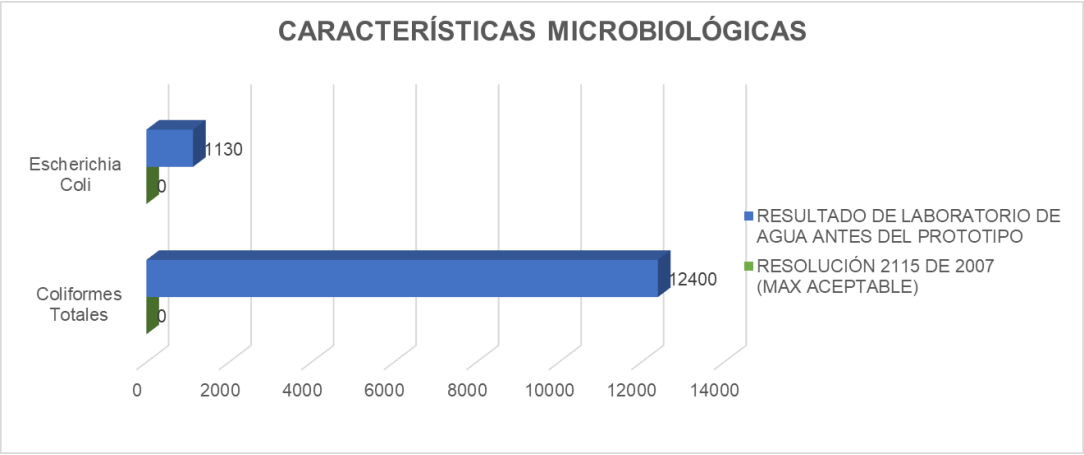


Figura 24 Análisis de los parámetros de Coliformes Totales y Escherichia Coli según la res. 215 de 2007 – Formato elaborado por autores

Como vemos en la grafica n°24, los parámetros de Escherichia Coli y coliformes totales exceden los limites máximos permitidos por la Res. 2115 del 2007.

De acuerdo a los contaminantes presentes que se encuentran en los resultados de los estudios de calidad de agua de la escuela se propondrá un prototipo de tratamiento para la eliminación de riesgos latentes en el establecimiento.

Evaluación de la posible tecnología a implementar

Para realizar la identificación del prototipo a ejecutar, se deben tener en cuenta ciertas variables que se analizan a lo largo de la propuesta con la finalidad de materializar el sistema apropiado para la comunidad educativa por lo que nace de la necesidad sanitaria expuesta por el ente local de Flandes Tolima, por ello se realizaron actividades correspondientes al análisis y caracterización de la calidad del agua, donde se sustenta que realmente el estado actual del líquido es insalubre, donde se resume las actividades realizas en el siguiente diagrama.

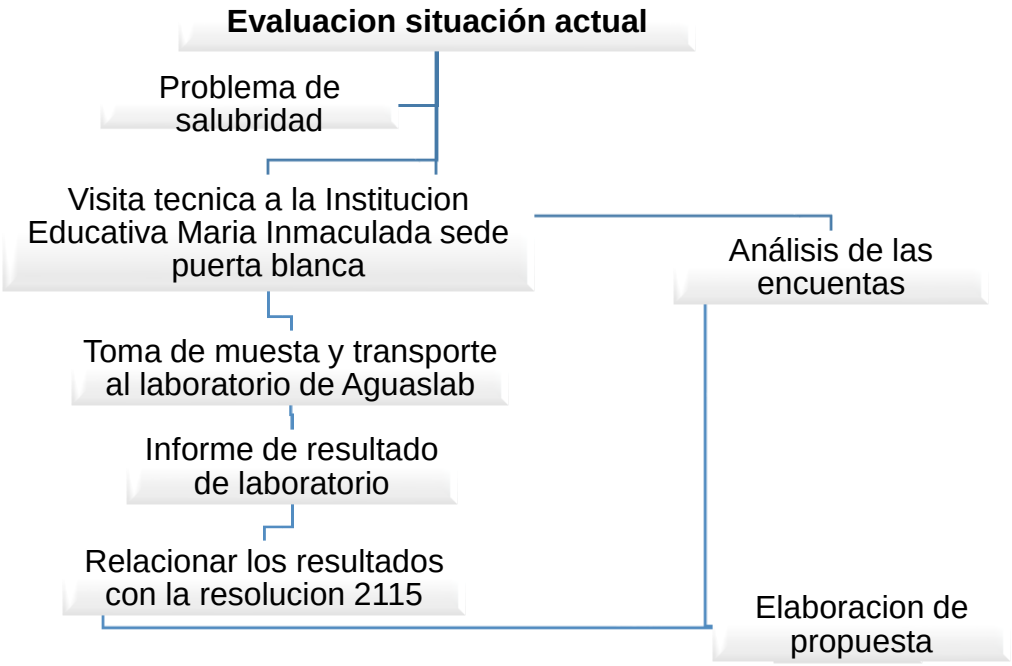


Figura 25 Evaluación del estado actual y actividades realizadas.

AGUASLAB S.A.S
Laboratorio Control de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2022 - 1691

Girardot Junio 16 de 2022

DATOS DEL CLIENTE

MUNICIPIO	: Girardot - Cundinamarca		
ENTIDAD	: DIANA CAROLINA ROMERO SANABRIA	NIT:	: 1005930025
DIRECCIÓN	: CRA 4 VIA VILLARICA B/MIRAFLORES	TELEFONO	: 3224461173
DIRIGIDO A	: Diana Carolina Romero Sanabria	CARGO	: Cliente Particular

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA	: AGUA CRUDA	FUENTE	: Agua Subterranea
LUGAR DE TOMA	: IDE MARIA INMACULADA SEDE PUERTA BLANCA		
FECHA DE TOMA	: Junio 10 de 2022	HORA	: 3:55 PM.
RECOLECTADA POR	: Diana Carolina Romero	Cargo	: Cliente Particular
FECHA DE RECIBIDO	: Junio 10 de 2022	HORA	: 3:55 PM.

RESULTADO FISICOQUIMICO

PARAMETROS ANALIZADOS	FECHA DE ANALISIS	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADOS
COLOR APARENTE	10/06/2022	Espectofotométrico	UPC	2
SULFATOS	10/06/2022	Turbidimétrico	mg/ L SO4	125
MANGANESO	10/06/2022	Espectofotométrico	mg/ L Mn	0,080
NITRITOS	10/06/2022	Colorimétrico	mg/ L NO2	0,002
HIERRO TOTAL	10/06/2022	Colorimétrico	mg/ L Fe	0,04
CONDUCTIVIDAD	10/06/2022	Electrométrico	mg/ L S/m	875
OXIGENO DISUELTO	10/06/2022	Electrométrico	mg/ L O2	6,5
NITRATOS	10/06/2022	Colorimetrico	ml / L NO3	1,0

RESULTADO BACTERIOLOGICO

COLIFORMES TOTALES	11/06/2022	N.M.P. / 100 ml.	NMP./100 ml	12400
ESCHERICHIA COLI	11/06/2022	N.M.P. / 100 ml.	NMP./100 ml	1130

** Valores de Referencia para aguas destinadas al consumo humano.

Elaboró: Laura Garcia

CARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacteriologa
Reg: 63330875

EDILBERTO BARRAGAN
Bioquímico
Reg: 073383

Ilustración 9. Reporte de resultados de laboratorio Fuente: AGUASLAB

Según los resultados obtenidos a partir del muestreo de calidad de agua, se analizaron dos posibles alternativas para el tratamiento y la remoción de los contaminantes presentes en el agua, de igual forma al analizar se obtuvo que se requería la remoción de microorganismos patógenos, alcalinidad y disminuir contaminantes potenciales como la dureza total, el aluminio y el manganeso del agua, es por ello que se tomaron las siguientes decisiones para el proceso de construcción del prototipo.

Teniendo en cuenta los análisis de los laboratorios de calidad de agua se decide la tecnología ejecutar.

TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Osmosis Inversa	Electrodiálisis Inversa	Intercambio Iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Niquel				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			
Trinalometanos Totales					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	
Organicos sintéticos									X			X	
Organicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

Ilustración 10Tecnologías de Tratamiento de potabilización para la escuela Puerta Blanca, Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior la tecnología que puede implementarse es la filtración convencional, es por ello que se consideran las características que debe tener según la resolución 0330 de 2017 y resolución 0799 de 2021 que se tienen en la siguiente ilustración:

Resolución No. **0799** Del **09 DIC** de **2021** Hoja No. 33

"Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017"

Tabla 7. 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 – 250
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 – 0,9	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3

Tabla 8. Rangos de tasa de Filtración lenta en múltiples etapas (FIME)

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

Figura 26 Características de Filtración según la Res. 0799 de 2021

Teniendo en cuenta estas características se propone la alternativa de tratamiento para el cumplimiento de la normativa y mejoramiento del saneamiento de la escuela Puerta Blanca, como vemos en la figura a continuación:

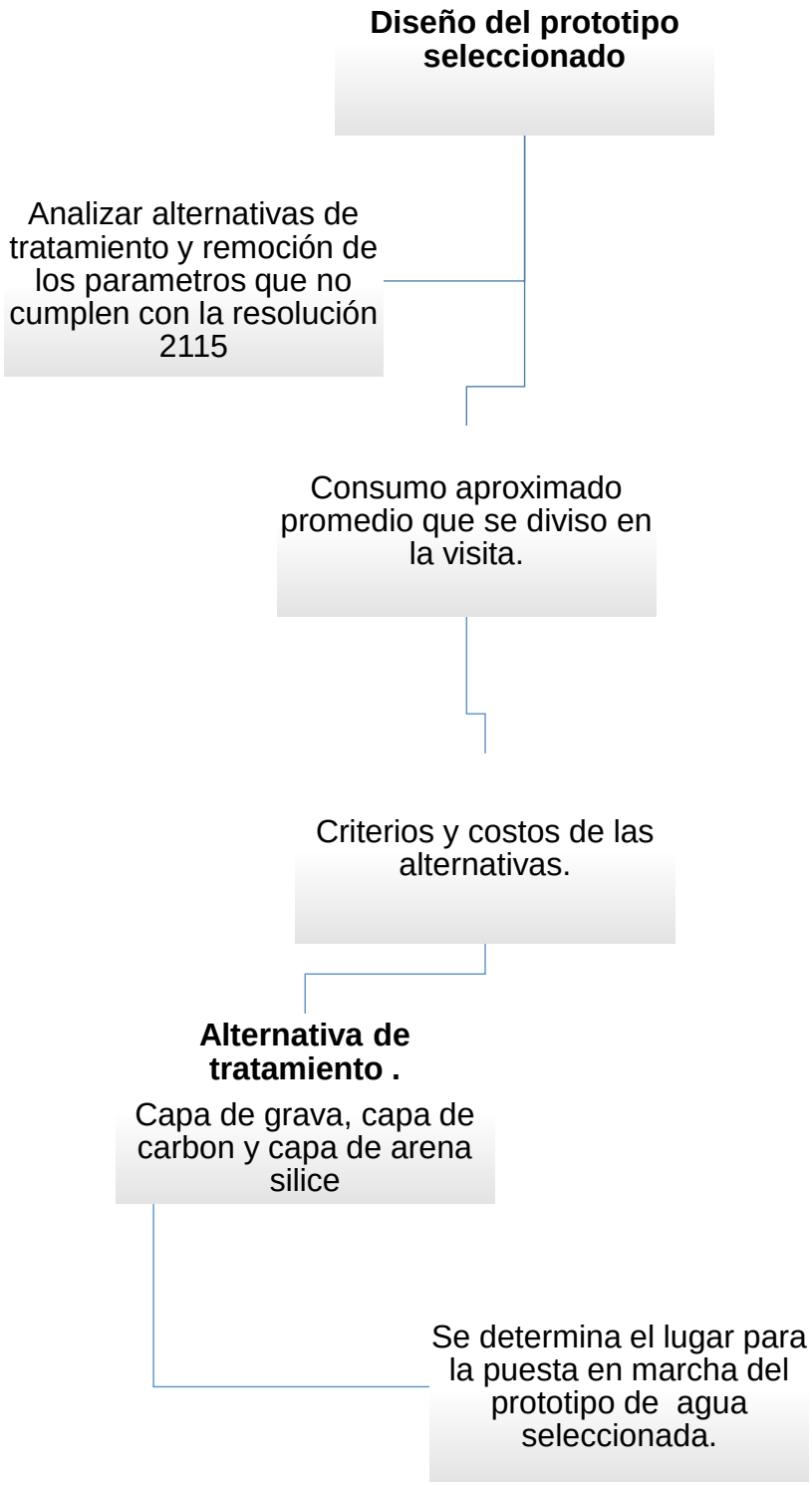


Figura 27. Opción de diseño de prototipo de tratamiento fuente: propia

Diseño del prototipo

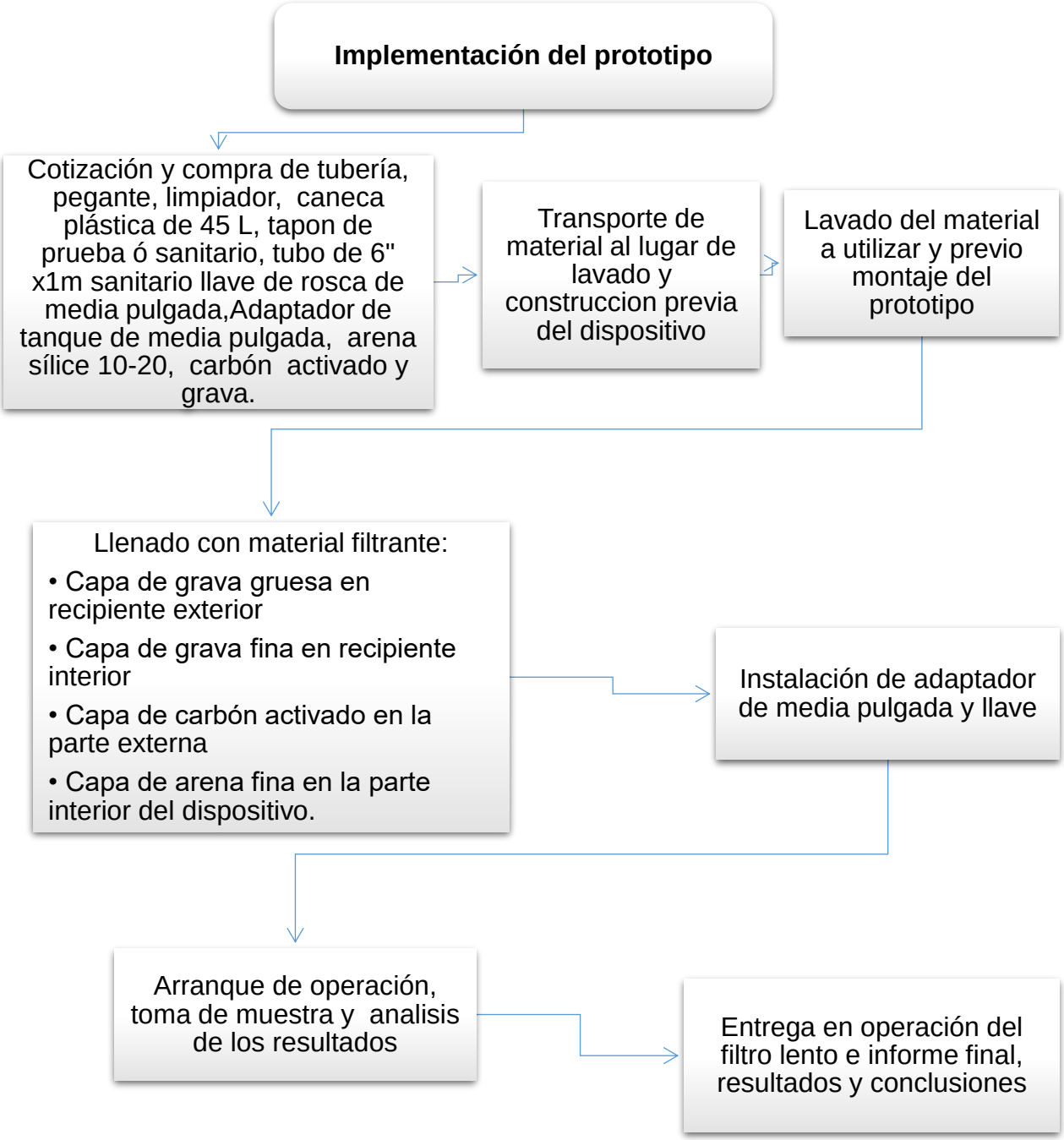


Figura 28 Proceso de implementación del prototipo fuente:propia

Como se ve en la figura anterior, el desarrollo del prototipo se tomo en cuenta los materiales y caracteristicas necesarias para la implementación de mismo junto la ubicación para un desarrollo optimo.

Para la ejecución del prototipo se realizo el diseño con ayuda de nuestros asesores guías Oscar Efren Ospina Zuñiga, Jesus Flaminio Ospitia, en los cuales se realizo el calculo de perdidas de carga (filtrando) y calculos para eldiseño comol vemosen la siguiente tabla:

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	ECUACIÓN	RESULTADO	OBSERVACIÓN			
POBLACIÓN FUTURA (Pf)	hab		15				
DOTACIÓN NETA ESCUELA (Dneta)	L/hab-d		**50**	20-200 L/hab-b (Resolución 844/2018)			
DOTACIÓN BRUTA (Dbruta)	L/hab-d	Dbruta=Dneta/(1-%P)	52,63157895	Se adopta perdida del 5%			
Qmd	L/s	Qmd=Pf*Dbruta/86400	0,009137427				
CAUDAL DEL PROTOTIPO QMD (Qf)	L/s	QMD=Qmd*k1	0,01188	K1= 1.3 según el RAS			
	m3/s		0,00001188				
	m3/d		1,026313491				
TEMPERATURA DE AGUA (T)	°C		**18**				
DIAMETRO INTERNO DE TUBERIA (D1)	pul		**6**	COMERCIAL			
	m		**0,152**	CATALOGO	$D1^2$	0,0232	
DIAMETRO DEL RECIPIENTE (D2)	m		**0,3**				
ARENA INTERNA DEL FILTRO (Af1)	m2	$3,1416*D1^2/4$	0,0182				
VELOCIDAD DE FILTRACIÓN EN ARENA (Vf1)	cm/s	QF*100/AF1	0,065				
TASA DE FILTRACIÓN (q)	m3/m2-d	q=Qf/Af	65,1	LENTA			
ESPESOR ARENA (Ar)	cm		**15,00**				
DENSIDAD ARENA (σ1)	gr/cm3		2,65		1-η1	$(1-η1)^2$	$η1^3$
POROSIDAD ARENA (η1)			0,35		0,65	0,4225	0,0429
ESPESOR CARBÓN ACTIVADO (ca)	cm		**30,00**				
DENSIDAD CARBÓN ACTIVADO (σ2)	gr/cm3		1,5				
POROSIDAD CARBÓN ACTIVADO (η2)			0,45				
ESPESOR GRAVA (gr)	m		**5,00**				
DENSIDAD GRAVA (σ3)			0,76				
POROSIDAD GRAVA (η3)			0,50				
NUMERO TOTAL DE ORIFICIOS EN EL FILTRO (No)	#		**40**				
DIAMETRO DE ORIFICIOS (do)	m		**0,010**		$(do/2)^2$	0,005	0,000025
COEFICIENTE DE DESCARGA (Cd)			0,65	Establecido			
AREA DEL ORIFICIO (Ao)	m2	$π*(do/2)^2$	0,00007854				

Ilustración 11 calculo para el diseño del prototipo de tratamiento Fuente: Elaboración propia Asesoría Oscar Efrén Ospina

De la tabla anterior se obtiene que las barreras de filtración es la arena sílice y las de absorción es el carbón activado, de igual forma se obtiene que el espesor para la arena sílice es de 15 cm, el del carbón activado es de 30 cm y de la grava es de 5 cm.

Así mismo a continuación en la table se puede denotar que la Perdida de carga filtrando es de 52 cm o mejor 0,52 m

Tabla 30 calculo de perdidas de carga del prototipo de tratamiento

PERDIDAS DE CARGA (Filtrado)				
COEFICIENTE DE KOSENY (f)			5	Constante experimental y adimensional (CEPIS)
VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA (Y)	cm2/s		0,01	
PERDIDA DE CARGA EN ARENA (hf1)	m	$((f*vf*ar*Y)/g)*((1-ŋ1)^2/ŋ1^3)*(6/(Ce*Dar))^2$		
COEFICIENTE DE ESFERICIDAD (Ce)			0,95	
DIÁMETRO ARENA (Dar)	cm		0,05	
PÉRDIDA DE CARGA EN ARENA (FILTRANDO) (hf1)	cm		7,83	
PÉRDIDA DE CARGA EN LA GRAVA (hf2)	m	$((f*vf*gr*Y)/g)*((1-ŋ3)^2/ŋ3^3)*(6/(Ce*Dgr))^2$		
COEFICIENTE DE ESFERICIDAD (Ce)			0,70	
DIÁMETRO GRAVA (Dgr)	cm		1,00	
PÉRDIDA DE CARGA EN GRAVA (FILTRANDO) (hf2)	cm		0,00049	
PÉRDIDA DE CARGA EN EL CARBÓN ACTIVADO (hf3)	m	$((f*vf*ca*Y)/g)*((1-ŋ2)^2/ŋ2^3)*(6/(Ce*Dca))^2$		
COEFICIENTE DE ESFERICIDAD (Ce)			0,70	
DIAMETRO CARBÓN ACTIVADO (Dca)	cm		0,10	
PERDIDA DE CARGA EN CARBÓN ACTIVADO (FILTRANDO) (hf3)	cm		2,428	
CAUDAL DE FILTRACIÓN POR CADA ORIFICIO (Qfo)	m3/s	QF/No	0,000000297	
VELOCIDAD DEL AGUA EN EL ORIFICIO (Vo)	cm/s	Qfo*100/(Cd*Ao)	0,582	
PERDIDA DE CARGA EN ORIFICIOS DE FALSO FONDO (FILTRANDO) (hf4)	cm	$Vo^2/(2*g)$	0,017	
DIAMETRO ORIFICIO SALIDA DEL RECIPIENTE (do)	m		0,0127	1/2"
COEFICIENTE DE DESCARGA (Cd)			0,65	Establecido
AREA DEL ORIFICIO DE SALIDA (Aos)	m2	$\pi*(do/2)^2$	0,000126677	
PÉRDIDA DE CARGA EN ORIFICIO DE SALIDA (hf5)	cm	$Qf^2*100/(2*g*(Cd*Aos)^2)$	0,106	
COEFICIENTE DE PÉRDIDA POR VÁLVULA DE SALIDA (km)			0,24	
VELOCIDAD DE SALIDA DEL AGUA (V)	m/s	Qf/(Cd*Aos)	0,144	
PÉRDIDA POR VÁLVULA DE SALIDA (hf6)	cm	$Km*100*v^2/(2*g)$	0,025	
ALTURA ENTRE GRAVA Y ORIFICIO DE SALIDA (h)	cm		42,00	
PÉRDIDA DE CARGA TOTAL (FILTRANDO) (hft)	cm	hf1+hf2+hf3+hf4+hf5+hf6+h	52,41	
	m		0,524	

Fuente: Elaboración propia - Asesoría Oscar Efrén Ospina

Proceso de materialización del prototipo

Para la materialización del prototipo se toman en cuenta primordialmente los materiales a utilizar, y dimensiones que se obtuvieron en los cálculos anteriores es por ello que lo primero que se realizo fue la compra de los materiales, luego se dispuso al lavado debido de todos los materiales como se denota en las siguientes imágenes.

Ilustración 13 arena sílice debidamente lavada fuente >: propia

Ilustración 12 carbón activado debidamente lavado fuente : propia

Ilustración 14 lavado de areana silice y grava

Luego del lavado del material, se realiza el orificio tanto del tubo de 6 pulgadas y al recipiente de 35 l para la debida construcción como se ve reflejado en la siguiente imagen:

Ilustración 15 Ejecución de la abertura de orificios para la llave fuente propia

Ilustración 16 Abertura de orificios en los materiales necesarios con ayuda de un funcionario de la Universidad Piloto de Colombia SAM fuente: propia

Seguido de esto se realiza el previo disposición de los materiales en la caneca de 45 l y en tubo de 6 pulgadas como se ve en la siguientes imágenes:

Ilustración 18. Relleno de material en dispositivo Fuente: Propia

Ilustración 17 relleno de grava en recipiente de 45 L Fuente : propia

Ilustración 19 relleno de carbon activado Fuente: propia

tración 20 relleno de grava en o de 6 pulgadas. Fuente:Propia

Ilustración 21 relleno de arena silice en tubo de 6 pulgadas Fuernte : propia

Después del relleno de material en el dispositivo se dispone a realizar la ubicación del mismo en la Institución Educativa Puerta Blanca de la cual queda en evidencia a continuación:

Ilustración 23 Instalación de dispositivo de tratamiento en la escuela Puerta Blanca

Ilustración 22 Ubicación previa del dispositivo de tratamiento.

Resultados del prototipo

Luego de ello se tomo una muestra del prototipo el día 19 de Noviembre del 2022, de lo cual se tienen resultados del mismo a continuación:

Tabla 31 Resultados con el prototipo realizado en el Laboratorio de investigación en agua UCC

INDICADOR	UNIDAD	RESULTADO 19-11-2022	VALOR PERMISIBLE (RES. 2115/07)	ESTADO ACTUAL
Turbiedad	UNT	1,30	2,00	CUMPLE
Color	UPC	11,00	15,00	
Dureza total	mg/L	3,00	300,00	
Aluminio		0,11	0,20	
Cromo total		0,04	0,05	
Hierro total		0,25	0,30	
Manganeso		0,03	0,10	
Sulfatos		83,00	250,00	
Zinc		0,15	3,00	
Nitritos		0,03	0,10	
Cobre		0,14	1,00	
Cianuro		0,01	0,05	

Fuente: Elaborado por Jesús Flaminio Ospitia, Oscar Efrén Ospina, informe técnico "Tratamiento de agua subterránea para uso doméstico, aplicado a población vulnerable del municipio de Flandes (Tolima)"

Tabla 32Análisis comparativo de estudios de calidad de agua tratada con respecto al IRCA y a la resolución 2115 DE 2007

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 (MAX ACEPTABLE)	INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, IRCA	RESULTADO DE LABORATORIO DE AGUA DESPUÉS DEL PROTOTIPO	RESOLUCIÓN 2115 VS AGUA DESPUÉS DEL PROTOTIPO	PUNTAJE IRCA AGUA DESPUÉS DEL PROTOTIPO
Cianuro	mg/l CN-	0,05	0	0,01	CUMPLE	0
Cobre	mg/l Cu	1	0	0,14	CUMPLE	0
Cromo	mg/l Cr	0,05	0	0,04	ALERTA	0
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	6	11	CUMPLE	0
Turbidez	NTU	2	15	1,3	ALERTA	0
Olor y Sabor	Fisica	Aceptable	0	Aceptable	CUMPLE	0
Conductividad	mg/ Ll S/m	1000	0			0
Dureza Total	mg CaCO3 / L	300	1	3	CUMPLE	0
Sulfatos	mg/l $SO_4$2-	250	1	83	CUMPLE	0
Aluminio	mg/L AL	0,2	3	0,11	ALERTA	0
Zinc	mg/lt Zn	3	1	0,15	CUMPLE	0
Manganeso	mg Mn / L (ppm)	0,1	1	0,03	CUMPLE	0
Hierro Total	mg/ L Fe	0,3	1,5	0,25	ALERTA	0
N-Nitrito	mg N-NO_2/L	0,1	3	0,03	CUMPLE	0
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	0	15	0	CUMPLE	0
Escherichia Coli	NMP/ 100mL	0	25	0	CUMPLE	0
			91			**0**
				PUNTAJE DE IRCA AGUA ALMACRNADA DESPUES DEL PROTOTIPO		**0%** **PUNTAJE BAJO**

Fuente: Autores.

De esto se analizan los resultados en sus respectivas graficas estándar y de esto se obtiene:

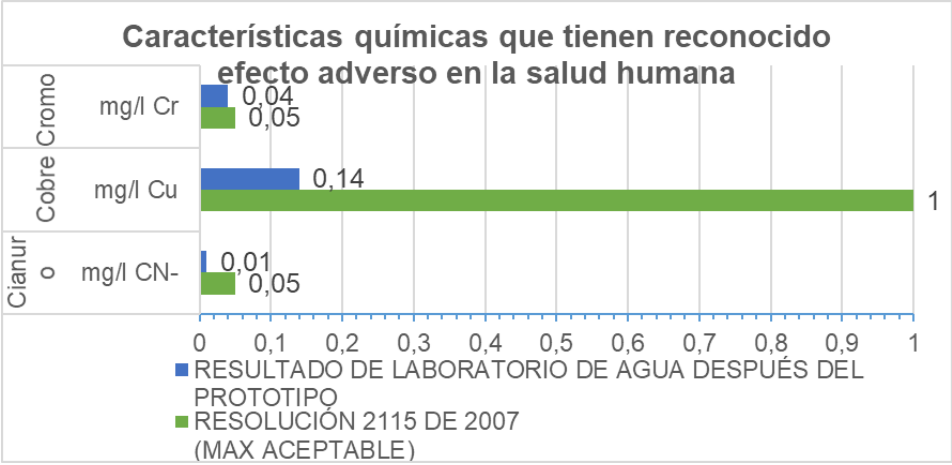


Figura 29 Análisis químicos que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana después del prototipo según la normatividad para el consumo humano –formato Elaborado por autores

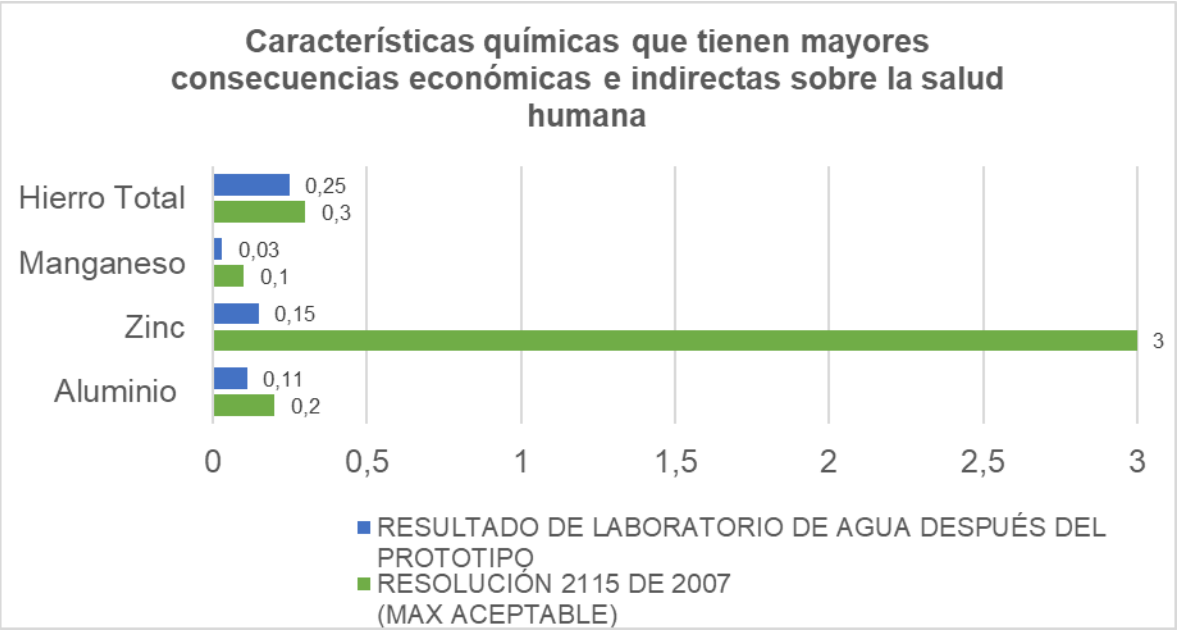


Figura 30 Análisis químicos después del prototipo según la normatividad para el consumo humano –formato elaborado por autores.

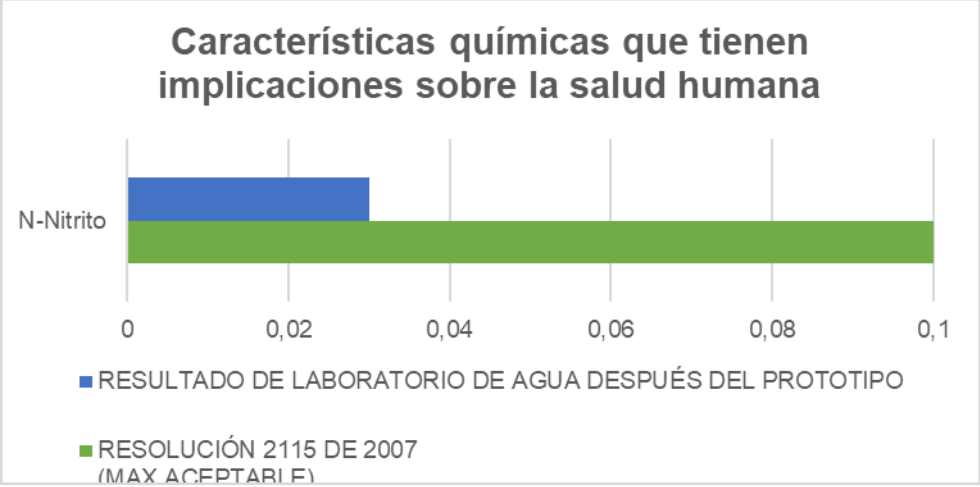


Figura 31Análisis químicos de Nitrito después del prototipo según la normatividad para el consumo humano –formato elaborado por autores.

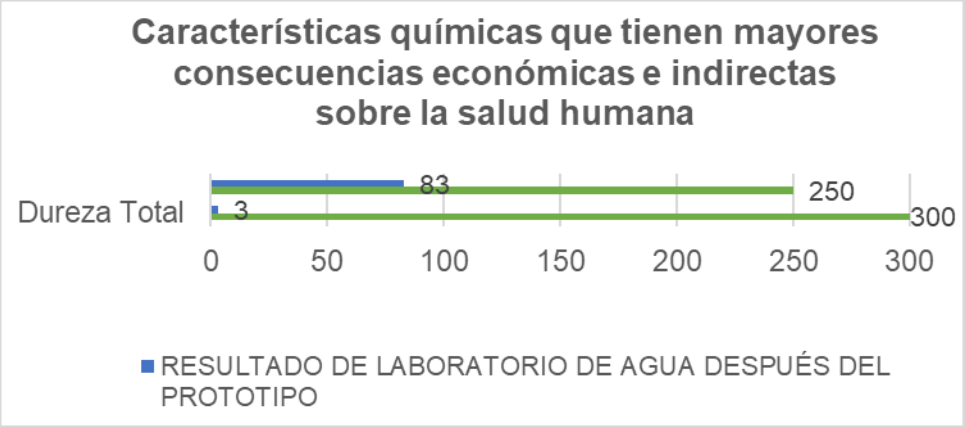


Figura 32 Análisis químicos después del prototipo según la normatividad para el consumo humano –formato elaborado por autores.

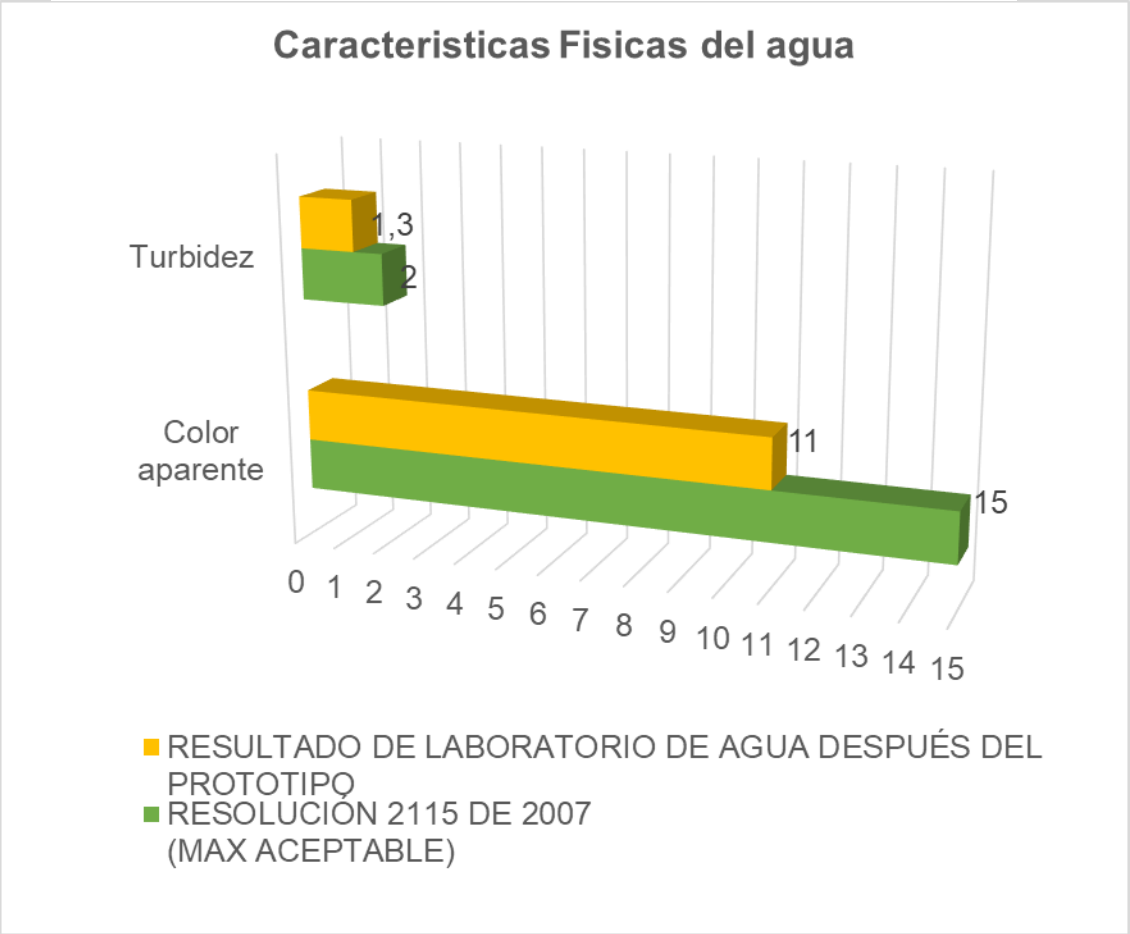
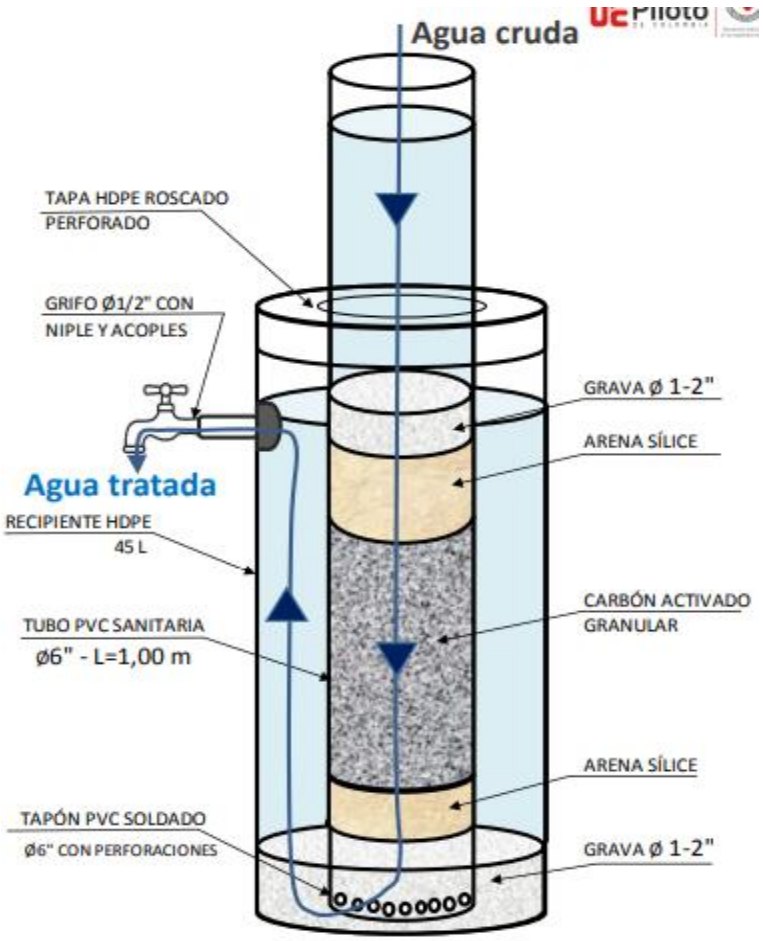


Figura 33 Análisis Fisicoquímicos despues del prototipo según la normatividad para el consumo humano –formato elaborado por autores.

Con base al nivel de riesgo que dictamina el IRCA se tiene que antes de tratada el agua arrojo un puntaje de 44 % siendo un porcentaje alto y ahora nos dio un puntaje bajo lo cual nos indica que prácticamente se erradico cualquier microorganismo o contaminante que pone en riesgo la vida de los integrantes de esta Institución, de igual forma se recomiendan algunos consejos para su cuidado que se expondrán más adelante, teniendo en cuenta esto el prototipo cumple con sus funciones y el esbozado del mismo se muestra a continuación:

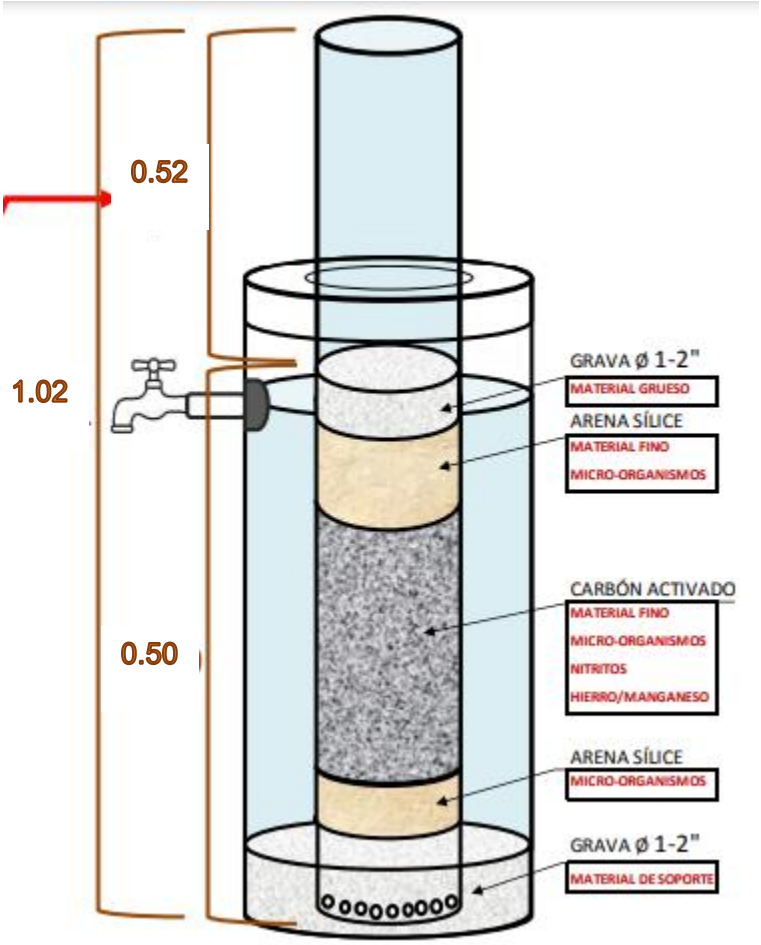
Ilustración 24 Diseño de prototipo de Tratamiento de agua para la institución Educativa María Inmaculada Sede Puerta Blanca.



Fuente: Modelo Elaborado por Jesús Flaminio Ospitia, Oscar Efrén Ospina, informe técnico "Tratamiento de agua subterránea para uso doméstico, aplicado a población vulnerable del municipio de Flandes (Tolima)"

De lo cual tenemos que el Carbón activado removió macroorganismos nitritos hierro y manganeso, el arena sílice cumplía la función de filtrado de microorganismos y la grava era material de soporte del mismo.

Ilustración 25 Diseño de prototipo de Tratamiento de agua para la institución Educativa María Inmaculada Sede Puerta Blanca con sus respectivas dimensiones



Fuente: Modelo Elaborado por Jesús Flaminio Ospitia, Oscar Efrén Ospina, informe técnico "Tratamiento de agua subterránea para uso doméstico, aplicado a población vulnerable del municipio de Flandes (Tolima)"

Teniendo que la perdida de carga es de 0,52m los valores de espesor de los materiales en conjunto suman 0,50m y que la altura total del dispositivo es de 1.02 m

Presupuesto

Para definir la condición de presupuesto del proyecto se deben examinar todos los entornos que inciden directa e indirectamente en él, teniendo en cuenta lo anterior, se realizan los costos necesarios de ***insumos, recursos humanos, maquinaria, costos de riesgo, contingencia e inflación***; a partir de esto se debe mantener en el margen del presupuesto establecido inicialmente, durante la ejecución y materialización del mismo, el cual se creó según la planeación, evaluación y gestión

Es por ello que el siguiente presupuesto consta de la materialización de un prototipo para el tratamiento de aguas subterráneas, en la IED María Inmaculada, sede Puerta Blanca en el municipio de Flandes, Tolima, donde se evaluaron las variables de la investigación metodológica, es por ello que se obtiene elpresupuesto a continuación:

.Tabla 33 presupuesto final del Prototipo de tratamiento para uso domestico aplicado a la IED María Inmaculada Sede Puerta Blanca

Descripción	Cantidad	Valor parcial	Valor total
Arena Sílice	2	$ 19.500,00	$ 39.000,00
Carbón Activado	3	$ 14.500,00	$ 43.500,00
Adaptador de tanque 1/2"	1	$ 15.900,00	$ 15.900,00
Caneca 45L	1	$ 115.900,00	$ 115.900,00
Llave de Jardín 1/2"	1	$ 12.500,00	$ 12.500,00
Grava 1 a 2 " por 5 kilos	2	$ 27.000,00	$ 54.000,00
Tapón 6 "	1	$ 12.900,00	$ 12.900,00
Tubo de 6" x 1 m	1	$ 52.900,00	$ 52.900,00
Transporte	5	$ 24.000,00	$ 120.000,00
Internet	3	$ 45.000,00	$ 135.000,00
Papelería	1	$ 17.800,00	$ 17.800,00
Valor final		**$ 357.900,00**	**$ 619.400,00**

fuente propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con respecto a las condiciones del agua utilizada por los habitantes en la revisión realizada en la Institución educativa María Inmaculada Sede puerta Blanca, se encontraron principalmente problemas de abastecimiento y mala higiene causados por el aljibe actual.
- En los análisis iniciales del laboratorio al agua utilizada se encontraron fuertes concentraciones de Microorganismos E. Coli y coliformes totales, además que los parámetros de Manganeso, Hierro y dureza total se encuentran en alerta de los valores máximos permitidos por la Resolución 2115 de 2007.
- Una vez realizado el prototipo la comunidad educativa sintió el cambio del agua haciendo nosotros entrega del mismo en sus Instalaciones con apoyo de la alcaldía de Flandes Tolima, como se evidencia en lasiguiente imagen

Ilustración 26 Entrega del Proyecto a la comunidad Fuente : propia

Ilustración 27 Entrega del Proyecto a la comunidad con la compañia de los representantes de la Alcaldía Flandes Tolima Fuente : propia

- Al evaluar la posible tecnología a implementar e identificar los materiales para el diseño del prototipo según las condiciones de tratamiento que se necesita conforme a el análisis del agua se tiene la opción de filtro convencional con Barreras de filtración la arena sílice y barreras de absorción el carbón activado
- Al implementar el prototipo el puntaje de IRCA es bajo lo cual nos muestra que se erradico cualquier microorganismo o contaminante que pone en riesgo la vida de los integrantes de esta Institución Educativa María Inmaculada – Sede Puerta Blanca
- Se recomienda el correcto lavado de los tanques de almacenamiento de agua periódicamente para su correcto funcionamiento.
- Se invita a mantener tapados los dispositivos para que sea eficiente a la hora de realizar su actividad correspondiente.

REFERENCIAS

Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación .* Mexico D.C.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Duque, G. (2017). *Manual de Geología para Ingenieros .* Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/aguassubterraneas.pdf

El Fondo ODS . (21 de 02 de 2022). *Objetivos de desarrollo sostenible* . Obtenido de https://www.sdgfund.org/es

Fundación AQUAE. (06 de Febrero de 2017). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/agua-subterranea-abundante-e-importante/

Gómez Ospina, D. F., & Orjuela Barrero, A. F. (2019). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA*. Obtenido de https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7433/1/6132202-2019-2-IQ.pdf

IDEAM. (28 de 09 de 2007). *Ph en el agua.* Obtenido de https://www.studocu.com/co/document/universidad-pedagogica-y-tecnologica-de-colombia/bioquimica/p-h-en-agua-por-electrometria/4135538/download/p-h-en-agua-por-electrometria.pdf

Institución Educativa Maria Inmaculada . (08 de 03 de 2021). *SEDE PUERTA BLANCA*. Obtenido de https://www.mariainmaculadaflandes.edu.co/sede-puerta-blanca/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Febrero de 2022). Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-y-aprovechamiento/

Ministerio de ambiente, vivienda y Desarrollo territorial y ministerio de protección social . (22 de 06 de 2007). *Resolución 2115.* Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2115%20-%202007.pdf

Ministerio de salud . (2016). *Ministerior de Salud* . Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf

Orellana, J. (2005). *Libro de ingenieria sanitaria.* Obtenido de Proyecto de investigación de la Universidad Catolica de Manizales : https://www.studocu.com/co/document/universidad-catolica-de-manizales/proyecto-de-investigacion/caracteristicas-del-agua-potable/31035748/download/caracteristicas-del-agua-potable.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (01 de Febrero de 2020). *Organización Panamericana de la Salud (OPS)*. Obtenido de Agua y Saneamiento: https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento

Perez de la cruz, F. J. (2020). *Universidad Politecnica de Cartagena*. Obtenido de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6012/mod_resource/content/1/Tema_03_CAPT_AGUAS_SUB.pdf

Procuraduría General de la nación . (1 de Febrero de 2005). *Panorama nacional* . Obtenido de https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/parte2_agua.pdf

Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2003). *INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO* . Obtenido de https://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2003_es.pdf

República de Colombia - Corte Constitucional . (2011). *Corte Constitucional .* Obtenido de Sentencia T-740/11: https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-740-11.htm

Ruiz Arango, Á. (Julio de 2013). *Crisis Mundial del Agua*. Obtenido de Corporación Universitaria Lasallista: https://www.researchgate.net/publication/262754381