

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA  
ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER

LORENA ANDREA ORTEGA AGUILLÓN  
MARLON ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2016

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA  
ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER

LORENA ANDREA ORTEGA AGUILLÓN  
MARLON ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniero Civil

Director  
EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA  
MSc. PhD, Ingeniero sanitario

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA

2016

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por guiarnos en el desarrollo de este proyecto.*

*Al Director del Proyecto, Ingeniero Ricardo Oviedo por su paciencia, asesoría y dedicación durante el desarrollo de nuestro Proyecto de Grado.*

*A La Alcaldía de El Playón Santander por permitiros realizar nuestro proyecto de grado en este municipio y brindarnos la información requerida para el desarrollo de este.*

*A los profesores que hicieron parte de nuestro proceso de formación por brindarnos su conocimiento y experiencias.*

*A la virgen María, porque sin ella no hubiese alcanzado este Logro personal.*

*A mis padres por la confianza brindada, fue el impulso que me llevo a seguir adelante.*

*A mis hermanos por su apoyo incondicional, palabras de aliento, consejos y enseñanzas.*

*A mis amigos por su motivación y compañía.*

*A Andrés por todo el apoyo brindado, su paciencia conmigo y ser un apoyo para cumplir esta meta.*

*Lorena Andrea Ortega*

*A Dios por su incondicionalidad.*

*A mis padres y hermanos por su cariño, palabras de fortaleza, enseñanzas y apoyo incondicional en cada paso que doy.*

*A mis amigos por su apoyo y motivación durante esta etapa.*

*A Lorena por su dedicación y esfuerzo para cumplir este objetivo.*

*Andrés Sierra.*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	16
1 DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD OBJETO DE ESTUDIO.....	18
2 METODOLOGÍA .....	20
2.1 Caracterización de la situación actual .....	20
2.1.1 Aspectos generales .....	20
2.1.2 Entrevista funcionarios unidad de servicios públicos domiciliarios .....	20
2.1.3 Visita Técnica al Sistema de Acueducto Municipal.....	21
2.1.4 Encuesta a la comunidad de la cabecera municipal.....	22
2.2 Análisis de la oferta tecnológica.....	24
2.3 Selección de la tecnología .....	24
2.3.1 Formulación de la herramienta de selección .....	24
2.3.2 Herramienta de selección .....	26
2.3.3 Modelo de herramienta de selección .....	26
2.3.4 Aplicación de la herramienta de selección.....	28
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
3.1 Caracterización de la situación actual .....	29
3.1.1 Aspectos generales .....	29
3.1.2 Descripción del sistema.....	32
3.1.3 Diagnóstico del Servicio de abastecimiento .....	46
3.1.4 Percepción de la comunidad .....	47
3.2 Análisis de la oferta tecnológica.....	50
3.2.1 Ciclo completo .....	51

3.2.2	Filtración en múltiples etapas (FiME).....	56
3.2.3	Filtración directa .....	61
3.2.4	Doble filtración.....	67
3.2.5	Sin tratamiento .....	70
3.3	Selección de la tecnología .....	73
3.3.1	Descripción de variables para la herramienta de selección.....	73
4	CONCLUSIONES .....	93
5	RECOMENDACIONES .....	94
	CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	ANEXOS.....	101

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Visita técnica sistema de actual sistema de acueducto. ....	21
<b>Figura 2.</b> Encuesta casa a casa. ....	23
<b>Figura 3.</b> División Política de El Playón Santander y su departamento. ....	29
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de Población por edad. ....	31
<b>Figura 5.</b> Niveles de Educación. ....	32
<b>Figura 6.</b> Esquema de los componentes del sistema de acueducto. ....	32
<b>Figura 7.</b> Bocatoma sobre la quebrada La Naranjera. ....	35
<b>Figura 8.</b> Vertedero de excesos. ....	36
<b>Figura 9.</b> Cámara de recolección. ....	36
<b>Figura 10.</b> Trazado de la tubería de aducción. ....	37
<b>Figura 11.</b> Tubería averiada. ....	37
<b>Figura 12.</b> Desarenador. ....	38
<b>Figura 13.</b> Estructura para Protección de tubería. ....	40
<b>Figura 14.</b> Estado actual de estructura de Protección. ....	41
<b>Figura 15.</b> Tanque de almacenamiento. ....	42
<b>Figura 16.</b> Proceso de desinfección con Cloro. ....	43
<b>Figura 17.</b> Retención de hojas y solidos gruesos. ....	43
<b>Figura 18.</b> Sectores del municipio. ....	45
<b>Figura 19.</b> Coloración y sabor del agua. ....	48

<b>Figura 20.</b> Calidad del agua en los últimos años.....	49
<b>Figura 21.</b> Enfermedades por consumo del Agua.....	50
<b>Figura 22.</b> Tren tecnológico de ciclo completo.....	51
<b>Figura 23.</b> Floculadores hidráulicos de tabiques.....	53
<b>Figura 24.</b> Tren tecnológico de Filtración en múltiples etapas (FiME).....	56
<b>Figura 25.</b> Tren tecnológico de Filtración Directa.....	61
<b>Figura 26.</b> Tren tecnológico de Doble Filtración.....	67
<b>Figura 27.</b> Unidades de Doble Filtración.....	68
<b>Figura 28.</b> Tren Tecnológico sin tratamiento.....	70

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Criterios y variables a evaluar. ....	25
<b>Tabla 2.</b> Matriz de selección con asignación de porcentajes.....	27
<b>Tabla 3.</b> Histórico %IRCA El Playón Santander. ....	34
<b>Tabla 4.</b> Tarifas Acueducto El Playón Santander. ....	46
<b>Tabla 5.</b> Sistemas y métodos de desinfección químicos. ....	56
<b>Tabla 6.</b> Lineamientos para el diseño de filtros gruesos dinámicos.....	60
<b>Tabla 7.</b> Lineamientos para el diseño de filtros gruesos ascendentes. ....	60
<b>Tabla 8.</b> Lineamientos para el diseño de filtros lentos en arena.....	61
<b>Tabla 9.</b> Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa.....	65
<b>Tabla 10.</b> Motivo de uso del medio de transporte.....	66
<b>Tabla 11.</b> Límites de calidad de agua para plantas de doble filtración. ....	70
<b>Tabla 12.</b> Resultados de encuesta. ....	75
<b>Tabla 13.</b> Resultados de encuesta. ....	77
<b>Tabla 14.</b> Número de encuestados según calificación. ....	88
<b>Tabla 15.</b> Valores de cada variable según tecnología.....	89
<b>Tabla 16.</b> Criterios y variables con asignación de valores parciales.....	91

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO A:</b> GUIA DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA .....	101
<b>ANEXO B:</b> ESQUEMA DE VISITA TÉCNICA A LOS COMPONENTES DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DEL PLAYÓN SANTANDER .....	103
<b>ANEXO C:</b> FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER .....	108
<b>ANEXO D:</b> FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER. CAPACIDAD Y DISPOIBILIDAD DE PAGO. ....	111
<b>ANEXO E:</b> FOLLETO INFORMATIVO SOBRE LAS OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA .....	112

## RESUMEN

**TÍTULO:** SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER\*

**AUTORES:** LORENA ANDREA ORTEGA AGUILLÓN  
MARLON ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA, POTABILIZACIÓN DE AGUA, MATRIZ DE SELECCIÓN.

### DESCRIPCIÓN:

La falta de agua potable es una de los principales problemas que se presentan actualmente en Colombia; el deterioro de plantas de potabilización, la ineficaz gestión de mandatarios locales y la limitada disponibilidad de recursos, están entre los factores que contribuyen con esta problemática. El Playón Santander no es ajeno a esta realidad, actualmente no cuenta con un sistema de potabilización y la calidad del agua de la fuente de abastecimiento se ha venido deteriorando. Este proyecto plantea la selección de tecnología para potabilizar el agua que abastece este municipio, para tal efecto, se analizaron diferentes tecnologías de potabilización que se pudieran aplicar con el fin de seleccionar la tecnología que más se adapte a las condiciones del contexto local. Para esto se realizó una herramienta de selección donde se tuvieron en cuenta 21 variables asociadas a nueve criterios (Características del terreno, Características de la fuente de abastecimiento, Capacidad y disponibilidad de pago, Disponibilidad de recursos, Necesidad de obra civil, Operación y Mantenimiento, Aspectos técnicos, Impacto ambiental, Aspectos sociales). Se revisó la oferta tecnología existente y se analizaron cinco sistemas de tratamiento (ciclo completo, filtración en múltiples etapas- filtración directa, filtración doble y desinfección). La tecnología seleccionada fue Filtración en Múltiples Etapas FiME, la cual resultó escogida ya que al aplicar los criterios de selección, se observó no requerimiento de energía eléctrica, la construcción y operación con recursos locales, y la mayor aceptación por parte de la comunidad del municipio.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña, Msc. PhD, Ingeniero Sanitario.

## ABSTRACT

**TITLE:** SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER\*

**AUTHORS:** LORENA ANDREA ORTEGA AGUILLÓN  
MARLON ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ\*\*

**KEYWORDS:** SELECTION OF TECHNOLOGY, WATER PURIFICATION, SCREENING MATRIX

### DESCRIPTION:

The absence of potable water is one of the principal problems Colombia have. The deterioration of the water treatment plants, the ineffective management of local governors and the limited resources are the main causes of this issue. El Playón, in Santander, isn't an alien to this reality. Today, this town doesn't count with a water treatment plant and the quality of their supply source has been deteriorating. This project proposes a technology selection to make the water supply source of El Playón potable. For this, it's been analyzed different types of technology that could be applied, in order to select one that fit better to the local context. To find the best technology we run a selection process in which 21 variables were taken into account, associated with nine different criteria (ground characteristics, characteristics of the source, capacity and payment availability, resource availability, civil work necessities, operation and maintenance, technical aspects, environmental impact and social aspects). Once the existent technology offer was revised, and the five systems of water treatment (complete cycle, multiple filtration by stages, direct filtration, double filtration and disinfection) were analyzed, the technology selected was the multiple filtration by stages (FiME, by the acronym in Spanish). It was selected because once you apply the selection criteria, it was observed that it didn't need any electrical energy source, and the construction and operation of local resources would generate a mayor acceptance by the local community.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña, Msc. PhD, Ingeniero Sanitario.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la actualidad, uno de los problemas que más afecta la población a nivel mundial es la falta de agua potable, esto se debe al deterioro de las fuentes de abastecimiento, afectando la calidad del agua, en muchos casos, la falta de asignación de recursos estatales en las población genera que este problema persista, lo cual también se relaciona con las altas tasas de natalidad, ya que se torna insuficiente el sistema de abastecimiento.

En Colombia, muchas regiones se ven afectadas por la baja calidad de agua para el consumo humano [1]. En algunos casos, las comunidades se ven obligadas a consumir agua de baja calidad por los deficientes procesos de potabilización que son realizados en las localidades, a pesar de que el Ministerio de Salud es el encargado de verificar que se cumpla los requisitos de calidad exigidos.

El municipio de El Playón Santander, no es ajeno a los problemas de potabilización a pesar de que cuenta con un sistema de distribución de agua para el consumo, la falta de procesos óptimos que contribuyan al mejoramiento de la calidad del agua obliga a los habitantes a consumirla con mala calidad. En vista de la problemática existente se requiere la implementación de un sistema de potabilización para el agua que consume ésta población, pues en la actualidad se ven afectados por la baja calidad del agua, siendo uno de los principales factores en el desarrollo de enfermedades que afectan más que todo a infantes.

Para este proyecto se realizó un análisis de la oferta tecnológica existente, del cual se seleccionaron los siguientes tratamientos de potabilización: Ciclo Completo, Filtración en múltiples etapa, Filtración directa, Doble Filtración y desinfección. Estas tecnologías se seleccionaron por su economía, facilidad de operación y efectividad.

La tecnología seleccionada será la que se adapte de la mejor manera a las condiciones que presenta la localidad.

El proyecto tiene como objetivo seleccionar la tecnología que más se adapte a las necesidades de la población teniendo en cuenta los requerimientos de cada una de ellas; para tal efecto se caracterizó la población en estudio, se analizó la oferta tecnológica para luego realizar la respectiva selección de la tecnología de potabilización. Con este proyecto de grado, se contribuye a la búsqueda de soluciones para el suministro de agua que mejoren la calidad de vida de los habitantes cumpliendo la normatividad para el tratamiento del agua potable.

## 1 DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD OBJETO DE ESTUDIO

El Playón es uno de los 87 municipios del Departamento de Santander de la Región Centro Oriente de Colombia, en la subregión de Soto. Dista de la capital departamental Bucaramanga 41 km y de Bogotá 330 km.

El municipio fue creado en 1979 y cuenta con una extensión de 459 km<sup>2</sup> (equivalente a 1.5% de la extensión de Santander). Sus 46.6 km<sup>2</sup> de extensión rural contrastan con los 6.2 km<sup>2</sup> en la zona urbana. Su cabecera municipal se encuentra a 450m sobre el nivel del mar y la temperatura promedio es de 28° C.

La principal actividad del municipio es la explotación del sector primario, destacándose la agricultura con cultivos de maracuyá, cacao, café, yuca, cítricos, tomate de árbol, mora y caña panelera; en la parte pecuaria se explotan bovinos y equinos, aves de corral y peces. Finalmente, en la minería se destaca la extracción de arena fluvial.

Como actividad complementaria se encuentra el comercio sobresaliendo las tiendas de víveres, la plaza de mercado, los graneros y depósitos, así como la compra y venta de productos agrícolas, tiendas veterinarias y de insumos, misceláneas, droguerías, ferreterías, juegos de azar, bicicleterías, funerarias y peluquerías. Así mismo, se encuentran pequeñas empresas artesanales familiares (queserías, aserríos, panaderías, carpinterías, modisterías y confecciones, ornamentación, zapaterías y ladrilleras).

Los sectores económicos de mayor importancia en miles de millones de pesos corrientes son: (i) la construcción de obras de ingeniería civil, la producción pecuaria y caza, el comercio, las actividades de servicios a las empresas, y por último el cultivo de productos agrícolas.

La entidad territorial cuenta con una gran diversidad biológica debido al río Lebrija, las 8 microcuencas y los suelos de aptitud forestal, profundos y de producción de agua que posee. Además, cuenta con bosques naturales y artificiales de todo tipo que existen según el plan de gestión ambiental.

Finalmente, de acuerdo con las proyecciones del DANE (2015), el Playón cuenta con una población de 11.776 habitantes (5.554 hombres y 6.222 mujeres) [2].

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Caracterización de la situación actual**

#### **2.1.1 Aspectos generales**

El proyecto de investigación se realizó en el municipio de El Playón Santander. La información sobre caracterización de la población, tales como localización, vías de acceso, población y otros aspectos generales del sitio de estudio, se consultó en el Plan de Desarrollo Municipal.

#### **2.1.2 Entrevista funcionarios unidad de servicios públicos domiciliarios**

Para obtener información primaria sobre el funcionamiento del acueducto municipal de El Playón Santander, se realizó una entrevista semiestructurada a la asesora general del sistema de abastecimiento del municipio, en la cual se indagó sobre el funcionamiento tanto administrativo como técnico del acueducto municipal [3]. Para esto se realizó una guía de entrevista semiestructurada (Anexo A) la cual contenía 37 preguntas sobre los temas anteriormente mencionados.

En cuanto a aspectos técnicos se preguntó sobre calidad del agua de la fuente de abastecimiento, caudal captado, proceso de potabilización actual, número de usuarios, participación de la comunidad, normatividad, entre otros. En lo administrativo datos como, tarifas, subsidios, formas de pago, facturación, estatutos de la ESPD, organigrama, entre otros. La entrevista se realizó en las instalaciones de la USPD, el día 16 de mayo de 2016.

### 2.1.3 Visita Técnica al Sistema de Acueducto Municipal

Para obtener información más detallada del funcionamiento del acueducto municipal se realizó una visita técnica en la cual se inspeccionó el estado actual de la estructura que compone dicho acueducto.

Partiendo de la fuente de captación, la cual se realiza de la quebrada La Naranjera y que está ubicada en la vereda que lleva el mismo nombre, hasta los tanques de almacenamiento ubicados en el casco urbano del municipio, se hizo el recorrido por el desarenador, y la tubería tanto de aducción, como de conducción.

Además, se verificó el estado actual de las vías de acceso tanto a la fuente, como a los demás componentes del sistema.

Para esto se realizó un esquema de visita técnica (Anexo B) el cual se diseñó de acuerdo a la jerarquización del sistema en donde se podía calificar el estado de la estructura y a la vez realizar las observaciones necesarias. La visita técnica se realizó el día 19 de mayo de 2016, y fue guiada por uno de los operarios del acueducto municipal. (Figura 1 a, b, c)

**Figura 1.** Visita técnica sistema de actual sistema de acueducto.



a)



b)

#### 2.1.4 Encuesta a la comunidad de la cabecera municipal

Esta encuesta se realizó con el fin de conocer la opinión de los usuarios del Acueducto Municipal, en temas como la calidad del agua, frecuencia de servicio, hábito de pago, posibles enfermedades por el consumo de agua, usos y tratamiento del agua en los hogares, entre otros.

Teniendo en cuenta que el Acueducto Municipal cuenta con 1835 usuarios, se calculó una muestra poblacional para aplicar la encuesta a la comunidad, adaptando la fórmula de la distribución gaussiana [4], como se indica:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p(1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p(1 - p)}$$

Donde:

- **n=** es el tamaño de la muestra (número de encuestas que se realizaron).
- **N=** Tamaño de la población.
- **Z=** es una constante que depende del nivel de confianza asignado.

Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,50%	99%
K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58

- **p=** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=0,5$  que es la opción más segura.
- **e=** es el error muestral deseado. Se define como 1- nivel de confianza. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que se obtendría si se preguntara al total de ella.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes valores:

- **N=1832.**
- Se tomó un nivel de confianza de 90%. Por lo que  $Z=1,65$ .
- **p=0,5**
- **e=1-nivel de confianza. e=0,1**

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p(1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p(1 - p)}$$

$$n = \frac{1835 \times 1,65^2 \times 0,5(1 - 0,5)}{(1832 - 1) \times 0,1^2 + 1,65^2 \times 0,5(1 - 0,5)}$$

$$n = 66 \text{ encuestas.}$$

**Figura 2.** Encuesta casa a casa.



La encuesta se realizó a hombres y mujeres mayores de 18 años residentes en el municipio de El Playón Santander, se usó un cuestionario estructurado (Anexo C), la técnica de recolección usada fue casa a casa (Figura 2.), abarcando todos los barrios del municipio. Se formularon 40 preguntas cerradas y la encuesta se realizó entre los días 1 y 4 de junio de 2016.

## **2.2 Análisis de la oferta tecnológica**

El análisis de la oferta tecnológica se realizó haciendo un revisión de la información de las tecnologías para la potabilización del agua comúnmente utilizadas en nuestro país, en este análisis se identificaron características, funcionamiento de cada una de las fases que conforman cada una de las tecnologías que han sido estudiadas.

Para esto se consultaron proyectos de grado, artículos sobre las tecnologías sostenibles para la potabilización, guías técnicas de diseño. También se tomó como referencia el modelo conceptual de selección de tecnología formulado por Galvis y Vargas [5].

## **2.3 Selección de la tecnología**

### **2.3.1 Formulación de la herramienta de selección**

Para la formulación de la herramienta de selección se desarrollaron tres etapas las cuales son: caracterización de la tecnología, criterios de selección de tecnologías y herramientas de selección.

Para los criterios de selección, en las tecnológicas de tratamiento de potabilización se debe analizar los componentes físicos y operacionales, el éxito de cada uno de ellos permite cumplir el objetivo de una planta de tratamiento. Entre los que se destacan diferentes factores demográficos, características del terreno y costos de operación y mantenimiento, que pueda representar la implantación de una tecnología para la potabilización del agua en el municipio de El Playón.

Como resultado de la consulta bibliográfica, en la Tabla 1 se muestra los criterios y variables que se tiene en cuentas para esta selección de tecnologías para la potabilización de agua.

**Tabla 1.** Criterios y variables a evaluar.

Criterios de Selección	Variables
1. Características del terreno	1.1 Superficie necesaria
	1.2 Topografía
2. Características de la fuente de abastecimiento	2.1 Calidad de la Fuente
3. Capacidad y disponibilidad de pago Continuación de la Tabla 1	3.1 Capacidad de pago
	3.2 Tarifa
	3.3 Disponibilidad de pago
4. Disponibilidad de Recursos	4.1 Recursos locales
	4.2 Requerimiento y Disponibilidad de Recursos Químicos
	4.3 Requerimientos de Energía Eléctrica
	4.4 Disponibilidad de mano de obra Local
	4.5 Necesidad de equipo mecánico
5. Necesidad de obra Civil	5.1 Movimientos de tierra
	5.2 Necesidad de Equipos
6. operación y mantenimiento	6.1 Nivel de Educación del personal necesario para la O&M
	6.2 Frecuencia de Control
	6.3 Simplicidad de la operación
7. Aspectos técnicos	7.1 Eficiencia de la tecnología
8. Impacto ambiental del sistema de tratamiento	8.1 Impacto Visual
	8.2 Ruido
	8.3 Polvo
	8.4 Generación de Olores
	8.5 Contaminación del suelo

### **2.3.2 Herramienta de selección**

La selección se realizó por medio de una matriz la cual contiene los criterios y variables seleccionados anteriormente para el estudio de cada tecnología, a estos se les asignó una ponderación teniendo en cuenta indicadores, valores posibles y valores deseados revisando los requerimientos de la localidad. Posteriormente se definieron criterios y se realizó una ponderación de variables e indicadores, esta ponderación se realizó observando la influencia que tiene cada uno de los procesos sistema de tecnología de potabilización obteniendo soluciones sostenibles en función del criterio que se evaluó.

Una vez creada la matriz se seleccionó y estudiado las posibles tecnologías, se aplicó la herramienta a usar realizando la selección de la mejor tecnología de tratamiento de potabilización con las variables tenidas en cuenta. Para calificar cada una de estas variables que se requerían en la matriz se revisó el estado actual del sistema de potabilización del El Playón. Además se tuvo en cuenta las áreas requeridas por cada una de estas tecnologías y el área disponible en el municipio para su implementación. Se buscó la información necesaria para la aplicación de las variables e indicadores propuestos. Se hicieron estimaciones de costos utilizando el programa SelTec, revisando la literatura y realizando consultas a expertos en el tema.

### **2.3.3 Modelo de herramienta de selección**

Una vez agrupada cada variable a cada uno de los criterios de estudio, se realizó los siguientes pasos para la creación de la matriz:

1. Se le asignó un porcentaje por criterio propio a cada Criterio y a cada variable mirando cuales eran más importantes, este porcentaje deberá Se le asignó un porcentaje por criterio propio a cada Criterio y a cada variable

mirando cuales eran más importantes, este porcentaje deberá sumar tanto para los criterios como para las variables un 100% (Ver tabla 2).

2. Se creó una serie de indicadores, en los cuales para las variables cualitativas como por ejemplo el impacto visual, personal capacitado para operación y mantenimiento y cumplimiento de calidad se creó como pregunta, y para variables cuantitativas como costos de inversión y superficie requerida se asumió como una operación en la cual se tomó el valor de la variable estudiada para cada tratamiento y se dividió en el máximo valor de la variable.
3. Se asignaron unos valores posibles, estos valores eran los que podían tomar cada una de las variables mencionadas en la tabla 1, desde lo más favorable a lo menos favorable.
4. Se estimaron los valores deseados para cada variable siendo este el más favorable que se podía presentar.
5. Por último se le dio una calificación a cada uno de los valores posibles que podía tomar cada variable en estudio, el valor más favorable tomaría el valor de cinco (5) y así ira disminuyendo hasta llegar al menos favorable, el cual se le da un valor de uno (1) dándole la más baja calificación [6].

**Tabla 2.** Matriz de selección con asignación de porcentajes.

<b>Criterios de Selección</b>	<b>%</b>	<b>Variables</b>	<b>%</b>
1. Características del terreno	10	1.1 Superficie necesaria	100
2. Características de la fuente de abastecimiento	10	2.1 Calidad de la Fuente	100
3. Capacidad y disponibilidad de pago	20	3.1 Capacidad de pago/Tarifa	50
		3.2 Disponibilidad de pago/Tarifa	50
4. Disponibilidad de Recursos	20	4.1 Recursos locales	25
		4.2 Requerimiento y Disponibilidad de Recursos Químicos	30
		4.3 Requerimientos de Energía Eléctrica	15
		4.4 Disponibilidad de mano de obra Local	20
		4.5 Necesidad de equipo mecánico	10

Continuación de la Tabla 2

5. Necesidad de obra Civil	5	5.1 Movimientos de tierra	60
		5.2 Necesidad de Equipos	40
6. operación y mantenimiento	10	6.1 Nivel de Educación del personal necesario para la O&M	50
		6.2 Frecuencia de Control	30
		6.3 Simplicidad de la operación	20
7. Aspectos técnicos	5	7.1 Eficiencia de la tecnología	100
8. Impacto ambiental del sistema de tratamiento	10	8.1 Impacto Visual	30
		8.2 Ruido	25
		8.3 Polvo	20
		8.4 Generación de Olores	10
		8.5 Contaminación del suelo	15
9. Aspectos Sociales	10	9.1 Opinión de la Comunidad	100

#### 2.3.4 Aplicación de la herramienta de selección

Creada la matriz que se usó como herramienta de selección y estimados los valores de las variables para cada una de las tecnologías se agrupó esta información para cada una de las ofertas tecnológicas propuestas, obteniendo de esta forma un valor correspondiente para cada variable y luego a cada uno de los criterios; este valor se dio multiplicando por el valor de porcentaje (%) asignado a cada criterio, por el valor de porcentaje (%) de cada variable y la calificación que se había obtenido para cada una de la variables de las tecnologías.

Una vez calculados estos valores finales se procedió a realizar la respectiva suma de todas las variables de cada una de las tecnologías, se esta suma se seleccionó la tecnología con valor más cercano a cinco (5), ya que es óptimo según el criterio de la matriz de selección de tecnología para el municipio de El Playón, en el tratamiento del agua potable [6].

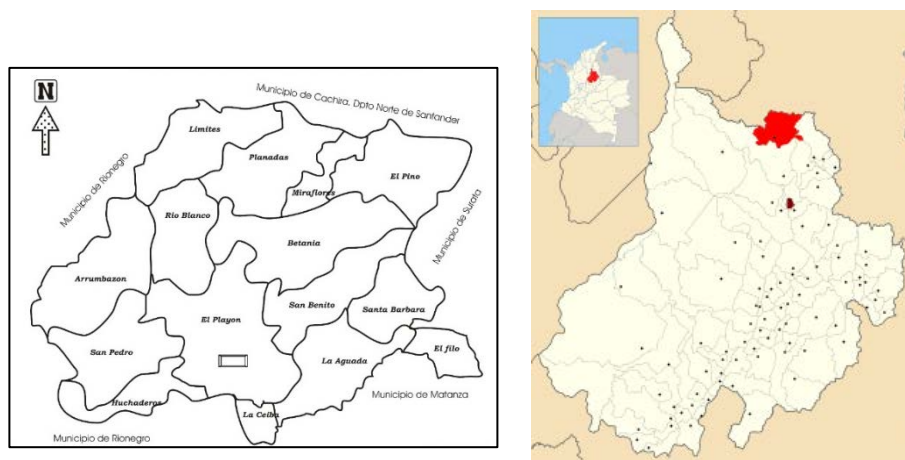
### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Caracterización de la situación actual

##### 3.1.1 Aspectos generales

El Playón fue constituido municipio el 29 de noviembre de 1979, está ubicado a 41 Km de la capital del Departamento de Santander, cuenta con una extensión de 459 km<sup>2</sup>. Su cabecera municipal se encuentra a 450 msnm y la temperatura promedio es de 28° C [2].

**Figura 3.** División Política de El Playón Santander y su departamento.



Fuente: Alcaldía El Playón.

El Playón cuenta con una población de 12.880 habitantes, de los cuales 6.607 habitantes pertenecen a la zona urbana del municipio. Geográficamente limita al Norte con el municipio de Cúcuta (Norte de Santander), al Sur con el municipio de Rionegro (Santander), al Este con el Municipio de Surata (Santander) y al Oeste

con los municipios de Rionegro (Santander) y CÁCHIRA (Norte de Santander) (Ver Figura 3).

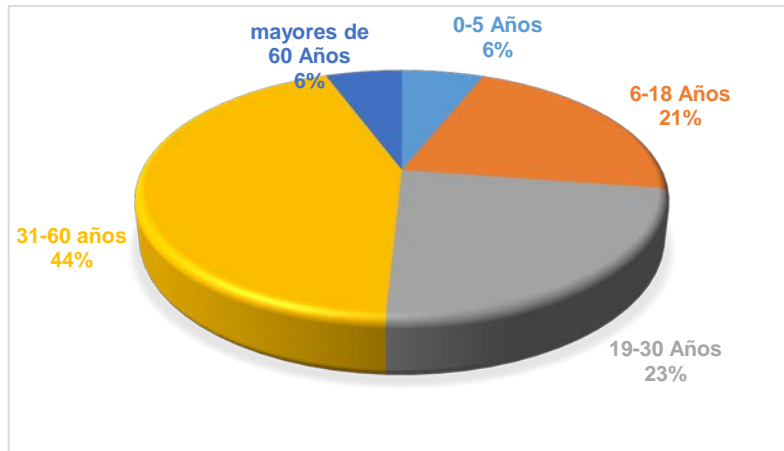
La principal actividad del municipio es la explotación del sector primario, destacándose la agricultura con cultivos de maracuyá, cacao, café, yuca, cítricos, tomate de árbol, mora y caña panelera; en la parte pecuaria se explotan bovinos y equinos, aves de corral y peces, en la minería se destaca la extracción de arena fluvial. Como actividad complementaria se encuentra el comercio sobresaliendo las tiendas de víveres, la plaza de mercado, los graneros y depósitos, así como la compra y venta de productos agrícolas, tiendas veterinarias y de insumos, misceláneas, droguerías, ferreterías, juegos de azar, funeraria, peluquerías. Así mismo, se encuentran pequeñas empresas artesanales familiares (queserías, aserrios, panaderías, carpinterías, modisterías y confecciones, ornamentación, zapaterías, y ladrilleras) [2].

El municipio de El Playón Santander cuenta con una riqueza hídrica, de la cual se pueden destacar las quebradas: Sardinias, Betania, Aguas Calientes, La Negraña, La Naranjera y el río Cachiricito que conforman todos el río CÁCHIRA sur conocido como el río Playonero [2].

En la Figura 4 se observa la distribución de población por edad del municipio de El Playón, que se caracteriza por que la mayor parte de la población es adulta entre 31 y 60 años, los infantes y personas de la tercera edad tan solo representan el 12% de la población.

Evidentemente la principal estructura o función corporal que afecta a las personas del área metropolitana son aquellas que se relacionan al movimiento de cuerpo, manos, brazos y piernas; las cuales en su mayoría encuentran un impedimento para el desarrollo de sus actividades cotidianas en lo que concierne a la vía pública y al transporte.

**Figura 4.** Porcentaje de Población por edad.



En la encuesta realizada en la comunidad del municipio de El Playón Santander, donde se pudo establecer que aproximadamente cuenta con 1651 familias en el casco urbano del municipio.

El promedio de hombres es 27% y mujeres 73% en la zona urbana de El Playón, presentando un desfase considerable con relación a los datos departamentales, donde el promedio de hombres es de 49,1% y mujeres de 50,9%.

En el análisis (Ver Figura 5.), se encontró que el 7% de los habitantes no cuentan con algún nivel de educación, el 32% alcanzó niveles de primaria, el 39% llegó a alcanzar el título de bachiller. En cuanto a estudios de nivel superior, solo el 11% son Técnicos, el 6% son Tecnólogos, mientras que un porcentaje muy pequeño ha alcanzado un título profesional (5%) y solo una persona cuenta con un título de doctorado.

La población mayor de edad en el municipio de El Playón Santander, tiene un promedio de 44 años. Se tiene un registro de 5% de niños entre los 0 y 5 años, aproximadamente 21% de la población es menor de edad, y solo el 6% son adultos mayores.

Entre otras cosas, se encuentra que la situación laboral de este municipio se basa en el comercio general.

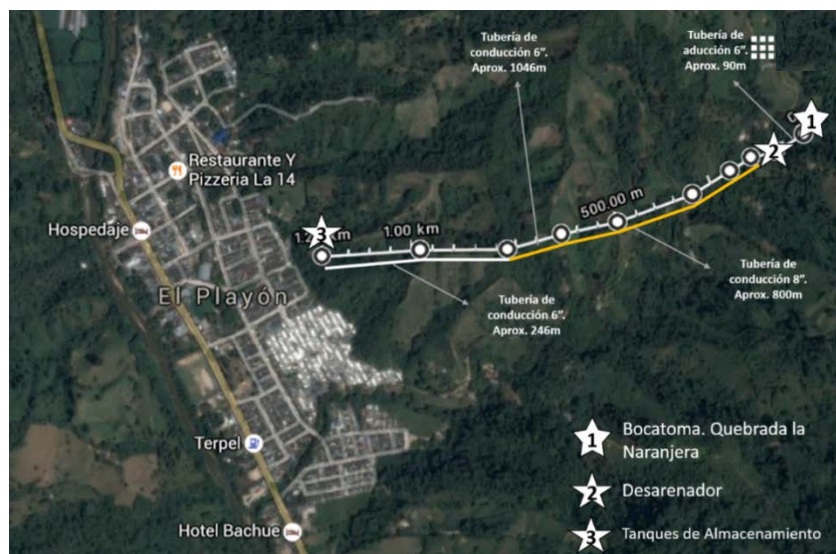
**Figura 5.** Niveles de Educación.



### 3.1.2 Descripción del sistema

En la actualidad el municipio de El Playón cuenta con un sistema integrado por la captación, aducción, desarenado, conducción, almacenamiento, distribución (Ver Figura 6.).

**Figura 6.** Esquema de los componentes del sistema de acueducto.



Fue construido hace más de treinta años, para abastecer a 400 usuarios. En la actualidad el municipio cuenta con 1371 usuarios legalmente conectados (suscriptores) y adicionalmente 461 usuarios que no cuentan con suscripción en la empresa de servicios públicos.

**Fuente de captación:** Diferentes parámetros afectan la calidad de agua que abastece el acueducto del municipio, entre las que están las corrientes de agua aledañas, contaminación antrópica, socavación de sedimentos.

La fuente de agua que abastece el acueducto municipal es la quebrada La Naranjera, en ésta desemboca una cañada denominada por la comunidad “Caño Tigre”, la cual trae consigo desechos que son arrojados al afluente a su paso por las fincas de la zona. A esto se suma que algunas de las fincas ubicadas aguas arriba del lugar de la captación no cuentan con sistemas de saneamiento básico, por lo que vierten sus desechos a la quebrada, afectando la calidad del agua. Las lluvias también ocasionan problemas, éstas generan arrastre de sedimentos los cuales llegan al afluente y hacen que se presenten mayores niveles de turbidez en el agua, afectando la comunidad, pues al no existir una alerta ante este hecho, el agua llega a las viviendas, no apta para el consumo.

En el municipio de El Playón Santander actualmente se realizan pruebas de calidad al agua que abastece la población, con el fin de verificar el cumplimiento de las normas de potabilización que la legislación colombiana exige. En el municipio se realizan dos tipos de pruebas: Monitoreo y control.

Las pruebas de monitoreo son realizadas por la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios del municipio, mientras que las pruebas de control las realiza la Secretaria de Salud Departamental, quien es la autoridad sanitaria que vigila en el departamento que las entidades prestadoras del servicio cumplan los estándares de calidad exigidos en el país.

La comunidad de El Playón históricamente ha presentado un alto porcentaje de riesgo por el consumo de agua debido al inexistente proceso de potabilización en el municipio, ésta calificación ha sido diferente con el paso de los años pero siempre se ha ubicado en el Nivel de Riesgo alto según lo contemplado en la resolución anteriormente mencionada, estas cifras se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Histórico %IRCA El Playón Santander.

<b>Año</b>	<b>%IRCA</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
<b>2007</b>	47,70%	Riesgo Alto
<b>2008</b>	40,30%	Riesgo Alto
<b>2009</b>	26%	Riesgo Medio
<b>2010</b>	37,9	Riesgo Alto
<b>2011</b>	23,80%	Riesgo Medio
<b>2012</b>	44,24%	Riesgo Alto
<b>2013</b>	39,04%	Riesgo Alto
<b>2014</b>	32,46	Riesgo Medio
<b>2015</b>	82,20%	Inviabile Sanitariamente

Fuente: Instituto Nacional de Salud

Según el decreto 1575 de 2007, los parámetros que no han tenido aceptación en la calidad del agua los últimos años en el municipio en El Playón son: Color, turbidez, Coliformes Totales y Ecoli.

**Bocatoma:** La captación realizada por medio de una Bocatoma de fondo, la cual está ubicada sobre la quebrada La Naranjera. Esta captación se caracteriza por, extraer en su totalidad el caudal de la corriente principal, el cual es de 80 L/s, Se encontraron diferentes aspectos que influyen en el adecuado funcionamiento de esta estructura hidráulica.

Su estructura actual se encuentra en mal estado (ver Figura 7). Teniendo en cuenta, que inevitablemente presenta alteraciones producidas por medios naturales, ésta

bocatoma no presenta evidencias que muestren su mantenimiento constante, por lo que es evidente su avanzado estado de deterioro. Los muros laterales, los cuales encauzan el agua de la quebrada hacia la rejilla, no se encuentran en óptimas condiciones, ya que presentan socavación, vegetación y filtraciones.

**Figura 7.** Bocatoma sobre la quebrada La Naranjera.



El canal colector, que recibe el agua a través de la rejilla y entrega el agua captada a la cámara de recolección, presenta problemas similares, con notorio desgaste.

La rejilla, la cual se coloca sobre el canal colector, presenta alta corrosión y fallas en su soldadura, permitiendo que los sedimentos que lleva el agua lleguen al canal colector, generando acumulación de sólidos, sobre todo en la épocas de lluvia. Además el dimensionamiento de la rejilla no es suficiente para el caudal y la velocidad que puede alcanzar el cauce de la quebrada la Naranjera.

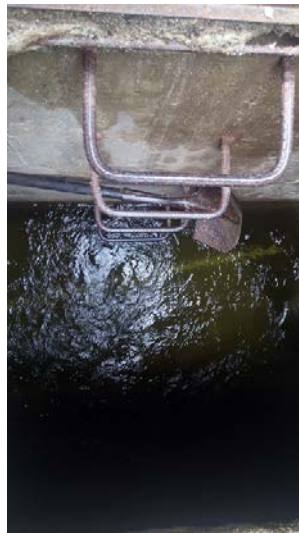
La cámara de recolección, la cual fue construida en concreto reforzado, es de geometría cuadrada, cuenta con un vertedero de excesos lateral en su interior (ver Figura 8), regresando el sobrante de agua captada al cauce. La tapa que se muestra (Figura 9a), la cual se debe poner para evitar riesgo de accidentes, evidencia corrosión y socavación del concreto que la sostiene, debido en parte a la humedad

de la zona. De igual forma, la escalera para acceso al personal de mantenimiento no tiene la seguridad adecuada, con riesgos de deslizamiento de uno de los operarios (Ver Figura 9).

**Figura 8.** Vertedero de excesos.



**Figura 9.** Cámara de recolección.



a)



b)

**Tubería de aducción:** La tubería de aducción comprende una distancia de 90 m entre la bocatoma y el desarenador, está construida en PVC RDE9 de 8 pulgadas de diámetro. Esta aducción se da a flujo libre, en ocasiones cuando se presenta alta demanda de agua, la tubería trabaja a presión y esto hace que la tubería tienda a

reventarse pues no está diseñada para este tipo de trabajo. A lo largo de su trayectoria se puede observar que presenta sectores en los cuales está enterrada y otros en los cuales está sobre el terreno: el transporte de agua en la aducción se da por gravedad, por lo cual la tubería sigue la topografía del terreno.

En la Figura 10 a. se observa la tubería de aducción a lo largo del trazado sobre el terreno. La Figura 9b muestra un tramo de la tubería en la cual deja de estar enterrada para continuar su trayecto sobre el terreno. La Figura 11 muestra un tramo de la tubería que se rompe a causa de las presiones del flujo: esta condición se presenta a lo largo del trazado en tres puntos.

**Figura 10.** Trazado de la tubería de aducción.



a)



b)

**Figura 11.** Tubería averiada.



**Desarenador:** Está construido en concreto, con una forma rectangular. Este desarenador no tiene la capacidad para operar eficientemente, ya que el número de usuarios para el que fue diseñado se ha incrementado una cantidad aproximadamente cinco veces a la que inicialmente se contaba.

Debido a que el desarenado es insuficiente, los tanques de almacenamiento presentan sedimentos tipo arenas que trae consigo la quebrada que surte el acueducto, algunas veces los tanques se llenan de lodo, por lo que se debe suspender el servicio de agua desde la válvula principal, y en algunas ocasiones a lo largo de la tubería para poder limpiar el lodo y la arena que se alcanza filtrar.

En la Figura 12, se puede ver el estado en que se encuentra el desarenador, una estructura sin resanes, y con presencia de vegetación.

**Figura 12.** Desarenador.



a)



b)

Cuando no es época de lluvia, los operarios del acueducto tiene que subir hasta el sitio de ubicación del desarenador cuando éste presenta un alto contenido de sedimentos a hacer la respectiva evacuación, esto se hace porque el sistema lo requiere para un mejor funcionamiento pero lo ideal sería realizarla entre 6 u 8 semanas. Aunque este sistema de acueducto cuenta con otra unidad de desarenador, ésta aún es más insuficiente que la ya descrita. Adicionalmente en época de lluvia el afluente arrastra más sedimentos y sólidos por lo que la operación es más compleja.

**Tubería de conducción:** La tubería de conducción comprende una distancia entre el desarenador y los tanques de almacenamiento, de aproximadamente 1046 m. Esta conducción se realiza por gravedad; el conducto se encuentra en algunos tramos sobre la superficie del terreno, siguiendo la topografía de éste, mientras que en otros se encuentra enterrada, a una profundidad aproximada de 1 m.

Inicialmente, cuando se diseñó el acueducto municipal, se dispuso para este tramo de una tubería de 8 pulgadas de diámetro con un RDE 9; con el paso de los años y al ver que el agua que abastecía la población era insuficiente, se dispuso de otra tubería para que junto con la que inicialmente estaba instalada abasteciera la población. Así las cosas, actualmente los tanques de almacenamiento son abastecidos por dos tuberías, las cuales se describen a continuación:

Tubería inicial: esta tubería tiene 8 pulgadas de diámetro y una longitud aproximada de 1046m, tiene relación RDE9, su trayectoria presenta un voladizo de aproximadamente 40m en los cuales la tubería está protegida por una estructura construida en concreto reforzado. En esta tubería fueron instaladas 4 válvulas de ventosa y 4 válvulas de purga, ha estado instalada desde la construcción del acueducto municipal hace aproximadamente 33 años.

- **Tubería anexa:** Está construida con una combinación de diámetros, al iniciar la conducción se instaló una tubería RDE9 de 8 pulgadas de diámetro, la cual tiene una longitud aproximada de 800m, después se reduce a una tubería RDE21 de 6 pulgadas de diámetro, con longitud aproximada de 246m. En esta tubería fueron instaladas 6 válvulas de ventosa, y 3 válvulas de purga, sigue la trayectoria de tubería inicial, en el tramo de voladizo fue acondicionada junto a la existente pero sin ningún tipo de protección, fue colocada aproximadamente hace 12 años.

Al iniciar la conducción, fue necesario cruzar la tubería por la quebrada La Naranjera, aguas abajo del sitio de captación, después de instalada la tubería anexa, para protegerlas fue construida una estructura en concreto reforzado (Ver Figura13), la cual con el paso del tiempo ha ido averiándose, el agua ha socavado la estructura y actualmente se pueden observar fisuras en el concreto, así como su acero de refuerzo descubierto y corroído (Ver Figura 14).

**Figura 13.** Estructura para Protección de tubería.



**Figura 14.** Estado actual de estructura de Protección.



**Tanque de almacenamiento:** El municipio cuenta con servicio de agua las 24 horas del día, con excepción de los días de época invernal, en donde por problemas descritos anteriormente se hace necesaria la suspensión del servicio.

Actualmente cuenta con un tanque de almacenamiento principal y dos auxiliares, los cuales se describen a continuación:

- **Tanque de almacenamiento principal:** Fue construido en concreto reforzado y está enterrado aproximadamente 1,5 m de la superficie, almacena aproximadamente 360.000 L y recibe un caudal de 18 L/s (Figura 15).
- **Tanque de almacenamiento auxiliar 1:** Construido en concreto reforzado, enterrado aproximadamente 1,5m de la superficie, almacena alrededor de 350.000L, fue diseñado para que luego que el tanque principal esté totalmente lleno, el agua pase a éste por medio de una tubería que los conecta.
- **Tanque de almacenamiento auxiliar 2:** Construido en Lámina de Hierro #9, almacena alrededor de 300.000L, su llenado es independiente al de los dos tanques ya mencionados pues a éste llega una de las tuberías que hacen

parte de la conducción, al igual que el tanque principal recibe un caudal aproximado de 18L/s (Ver Figura 15).

Una de las consecuencias que trajo el aumento de usuarios del acueducto, es precisamente el almacenamiento del agua, ya que se presenta insuficiente ante el consumo actual, evitando que se almacene la cantidad de agua suficiente para prestar el servicio en caso de corte, cuando se cierra la válvula principal estos tanques de almacenamiento quedan vacíos en menos de dos horas, lo que pasa siempre que se cierran las válvulas, bien sea por su mantenimiento, limpieza, o por los cortes que se realizan en la época de ola invernal.

El mantenimiento de los tanques se realiza cada 3 meses en verano y cada mes en época de lluvia, si no es necesario antes, pues los tanques se ven más afectados por presencia de lodos y arenas lo que lleva a que la limpieza se realice según la cantidad de sedimentos.

**Figura 15.** Tanque de almacenamiento.



Respecto al tratamiento del agua en el tanque de almacenamiento, éste consiste únicamente en la desinfección con cloro. El operario realiza empíricamente la dosificación del cloro a aplicar al agua, aunque generalmente, agrega 1 Kg de cloro,

distribuido durante el transcurso del día. La planta no cuenta con otros componentes de tratamiento (Ver Figura 16).

**Figura 16.** Proceso de desinfección con Cloro.



Como observar en la Figura 16, el kilogramo de cloro se vierte en un recipiente, y este se disuelve con la vara de madera. Otro proceso que se realiza al agua en los tanques de almacenamiento es “retención de hojas y sólidos gruesos”, como se observa (Ver Figura 17).

**Figura 17.** Retención de hojas y solidos gruesos.



Los habitantes del municipio manifiestan que son constantes los problemas de salud asociados al consumo del agua del acueducto. Al no existir un proceso de

potabilización, la comunidad se ve expuesta a enfermedades producidas por el consumo, sumado a esto la precaria infraestructura existente, hace necesaria la construcción de una planta de tratamiento de agua potable en el municipio.

**Red de distribución:** La red de distribución fue instalada hace aproximadamente 37 años, la tubería empleada es de asbesto-cemento, y tiene un diámetro de tres pulgadas.

Uno de los problemas que más se presentan en el municipio en lo referente al servicio de agua, según los operarios del acueducto, es el constante rompimiento de los tubos que hacen parte de la red de distribución. Estas fallas se deben principalmente al estado de deterioro de la tubería, que está asociado a que el municipio no se hace un control de la presión a lo largo de la tubería, y esta al aumentar hace que la tubería se reviente. En la actualidad cuando se presentan este tipo de fallas los operarios del acueducto acuden a realizar la reparación tan pronto son informados, y el corte del servicio se realiza solamente en el sector afectado mientras se realizan las respectivas reparaciones. Esto se debe a que aproximadamente hace cuatro años, según informó el encargado del servicio en el municipio, se sectorizó la red de distribución, por lo que no todo el municipio se ve afectado ante estos hechos.

El barrio El Prado (Figura 18, sector 18) es uno de los fundados más recientemente en el municipio, y comprende cerca de cinco manzanas de la localidad. La red de distribución en este sector la comprende una tubería de 3 pulgadas, en PVC.

En el municipio, actualmente no se realiza micro medición en las viviendas, pues los medidores fueron instalados hace mucho tiempo y se encuentran obsoletos, el cobro del servicio en el municipio se realiza por tarifa plena según el estrato en el que se encuentre ubicada la vivienda.

El asentamiento humano denominado Primero de Junio (Figura 18, área sin construir), ubicado en uno de los sectores centrales del municipio, fue creado hace poco más de cinco años, las familias que allí habitan, son las que resultaron damnificadas por la fuerte ola invernal que afectó el país en el año 2010, éstas para la época habitaban sobre la vía que conduce a la ciudad de Bucaramanga en el tramo comprendido entre El municipio de El Playón y la vereda El Bambú, perteneciente al municipio de Rionegro Santander. Las 461 familias que allí habitan cuentan con servicio de agua el cual es suministrado por el acueducto municipal, las conexiones que llegan a las viviendas son “fraudulentas” por lo que en la actualidad los residentes en este asentamiento no cancelan por el servicio.

En la Figura 18, se observa la distribución por sectores del municipio de El Playón Santander.

**Figura 18.** Sectores del municipio.



Fuente: Alcaldía El Playón.

### 3.1.3 Diagnóstico del Servicio de abastecimiento

La unidad de servicios públicos domiciliarios de El Playón Santander (USPD), es la entidad que presta el servicio de acueducto. Funciona desde hace aproximadamente 34 años, y es una dependencia descentralizada de la alcaldía municipal la cual ha estado funcionando desde sus inicios de forma continua.

En la actualidad la USPD cuenta con 4 funcionarios (2 técnicos, administrador, asesora). Los funcionarios que se encargan del proceso de potabilización del agua, no están capacitados para el manejo de dicho proceso. Debido a que esta unidad de servicio cuenta con muy poco personal, consideran que no es necesario hacer reuniones esporádicas para instrucciones o control del mismo.

Para cobrar el costo de consumo de agua, se estableció una tarifa plena, ya que el municipio no cuenta con sistema de micro medición. Para estas tarifas se establece un costo el cual depende del estrato socio económico, si es una identidad institucional, comercial (Ver Tabla 4). En caso de mora, no es suspendido el servicio de agua en la vivienda.

**Tabla 4.** Tarifas Acueducto El Playón Santander.

Tarifas		
Estrato	Tarifa	N° Usuarios
1	\$ 7.000	378
2	\$ 8.850	852
3	\$ 11.500	37
Comercial	\$ 15.650	92
Institucional	\$ 17.450	16

En cuanto quejas acerca del servicio (PQR), se presentan por facturación, falta del agua en la residencia o algún daño que se presente en la instalación, a pesar de

que el agua que proporciona el acueducto es de mala calidad la comunidad no presenta quejas sobre este tema.

Para tener un control sobre el uso que la población le da al agua, se realiza en colaboración con la policía municipal, con restricciones en lo que son lavaderos de carros, que en su mayoría el agua que se usa es la otorgada por el acueducto, generando un notorio desperdicio de este recurso hídrico.

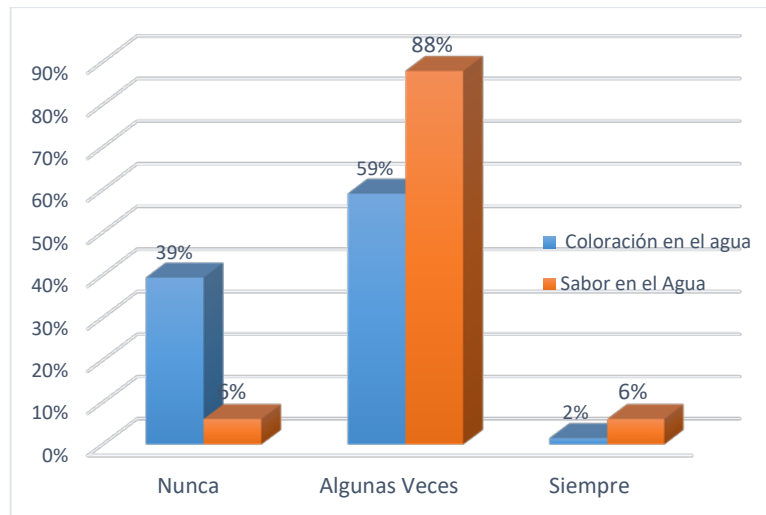
En cuanto a recursos otorgados para el subsidio del suministro de agua, el máximo, que corresponde al estrato 1, es de aproximadamente 60%. Estos recursos son otorgados por la administración municipal y establecidos mediante acuerdo municipal.

#### **3.1.4 Percepción de la comunidad**

El siguiente análisis se centró en la encuesta realizada en la comunidad del municipio de El Playón, donde se pudo establecer la percepción de la comunidad en cuanto a los aspectos del servicio público. Se encontró que el 97% de las viviendas cuenta con suministro de agua. Según se manifestó entre la comunidad, a pesar de que el servicio de agua es constante, la calidad del agua según el 59% de la población es mala, debido a que constantemente llega con altos niveles de turbidez, presencia de sedimentos. Según lo manifestado por la comunidad, el agua llega con presencia de animales como larvas, hojarasca, y en especial, manifiestan que esta agua no es tratada.

Debido a que en las épocas de lluvia el suministro de agua se ve afecto, la comunidad manifestó que en dichas épocas, el agua presenta algún tipo de coloración y sabor (Ver Figura 19).

**Figura 19.** Coloración y sabor del agua.

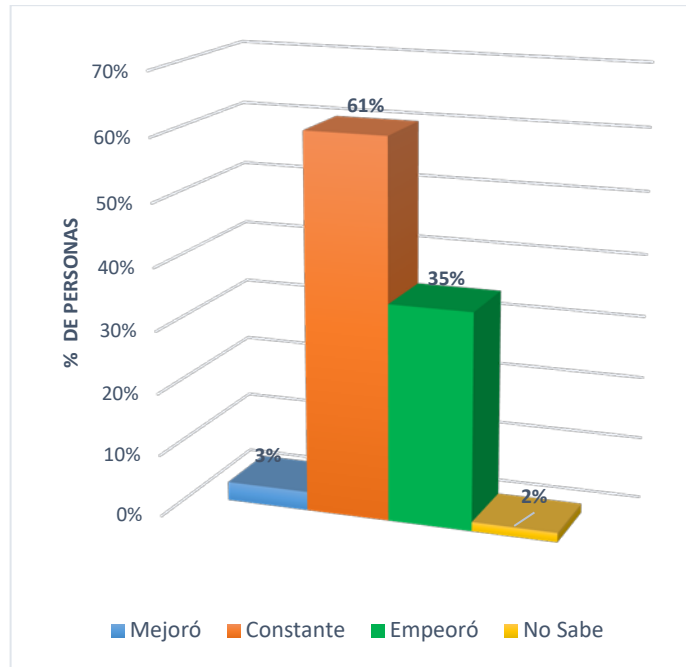


En temas como la facturación del servicio del agua, el 91% de los usuarios reciben su factura de cobro por el servicio mensualmente, mientras el que 9% restante forman parte de una invasión, por lo que son usuarios ilegales.

A pesar de que el 83% de los usuarios que reciben su factura, manifestaron que el valor por el que llega el cobro es el justo, teniendo en cuenta la calidad del agua, el 43% de los ellos no están al día en con su factura, incluso se encontró con usuarios que llevan más de un año en mora, debido que a pesar de el no pago por el servicio, este no se corta para el usuario. Los funcionarios manifiestan que a pesar de que los usuarios son exigentes a la calidad del agua, si estos no pagan, no tienen posibilidad de ingresos para mejorarla.

Según la comunicación con los usuarios, la calidad del agua en los últimos años, ha sido la misma. Entre lo manifestado, se encontró que desde la construcción del acueducto este no ha sido modificado, presentando desde entonces problemas de turbidez y cortes en las épocas de lluvia, a lo que el 61% de los usuarios piensa que la calidad del agua es constante (Ver Figura 20).

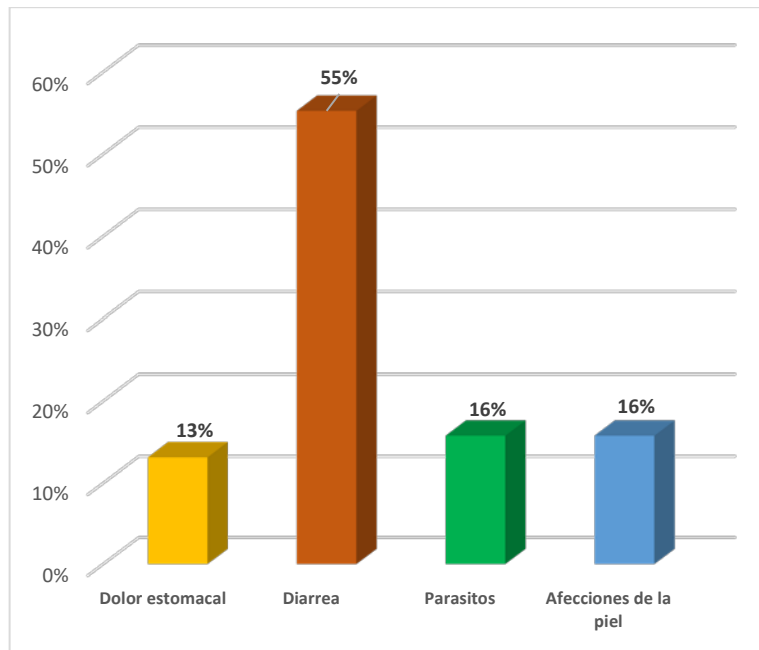
**Figura 20.** Calidad del agua en los últimos años.



En cuanto a la cultura del agua, la empresa del acueducto de El Playón no realiza reuniones de capacitación o de conocimiento del sistema en las que participe la comunidad, además esta tampoco recibe indicaciones, en lo que compete a temas sobre ahorrar el agua o como preservarla. Partiendo de lo anterior, se calificó la percepción de la comunidad en cuanto al servicio en general de la empresa del acueducto, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta, a lo que el 61% de los usuarios dieron una calificación de 3, lo que significó que el servicio de la empresa es muy regular.

Teniendo en cuenta el conocimiento que se tiene de la calidad del agua en el municipio de El Playón, se preguntó si en su vivienda padecían algún tipo de enfermedad por el agua, encontrando que el 58% de las viviendas presentan algún tipo. Se mencionaron enfermedades como diarreas, afecciones de la piel, parásitos, siendo la diarrea la enfermedad con más incidencia entre la comunidad (Ver Figura 21).

**Figura 21.** Enfermedades por consumo del Agua.

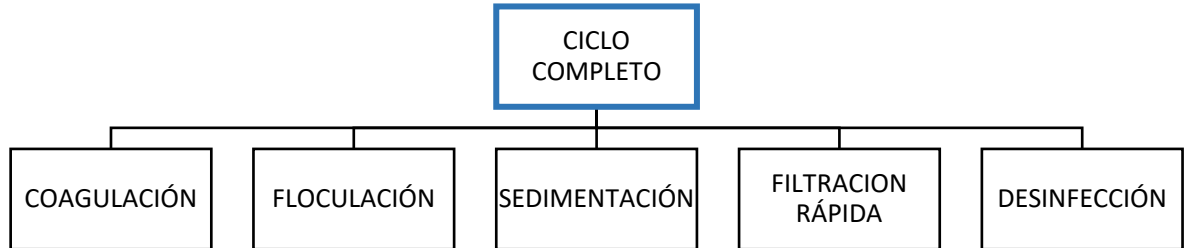


### **3.2 Análisis de la oferta tecnológica**

Se realizó un análisis de la actual oferta tecnológica teniendo en cuenta una serie de parámetros de la localidad en estudio y de calidad del agua. Se decidió profundizar sobre los siguientes tratamientos de potabilización, con el fin de brindar una solución viable tanto social como económicamente, ya que estos pueden ser los que más se ajustan a los requerimientos del municipio.

### 3.2.1 Ciclo completo

**Figura 22.** Tren tecnológico de ciclo completo.



Este tipo de plantas de potabilización también se denominan plantas convencionales. Los procesos de potabilización ocurren en estructuras diferentes, es decir, está conformada por sistemas de coagulación y floculación, tanques sedimentadores y sistemas de filtración. La planta convencional se caracteriza por tener diferentes tecnologías para los mencionados procesos, con especificaciones técnicas variables.

Las plantas convencionales tienen la ventaja de ser robustas, sus procedimientos de operación son conocidos, manejan la variación de turbiedad y color de entrada dentro de ciertos límites. Consiste de manera general en un proceso físico-químico convencional, el cual se enfoca en la remoción de sólidos suspendidos y algunos coloides presentes en agua cruda y finaliza con un proceso de filtración y desinfección. Este tipo de sistema es capaz de sostener altas variaciones y baja calidad de fuentes de suministros que alimentan a éste.

La suspensión de sedimentos, depende tanto del tamaño como del peso específico de éstos. Se puede observar que la sedimentación de estos materiales es lenta, por lo que prácticamente imposible separarle del agua por sedimentación [7].

## **Etapas esenciales del ciclo completo:**

**Coagulación:** Para este caso, el proceso de coagulación, ocurre en una unidad de mezcla rápida, dependiendo del flujo que se va a tratar, la variación de la calidad del agua, y principalmente, las condiciones disponibles para la operación y el mantenimiento, ya que si no se tienen un adecuado control de este proceso, los coagulantes no lograrán sedimentarse en el tiempo adecuado y estos seguirían en suspensión llegando a los consumidores.

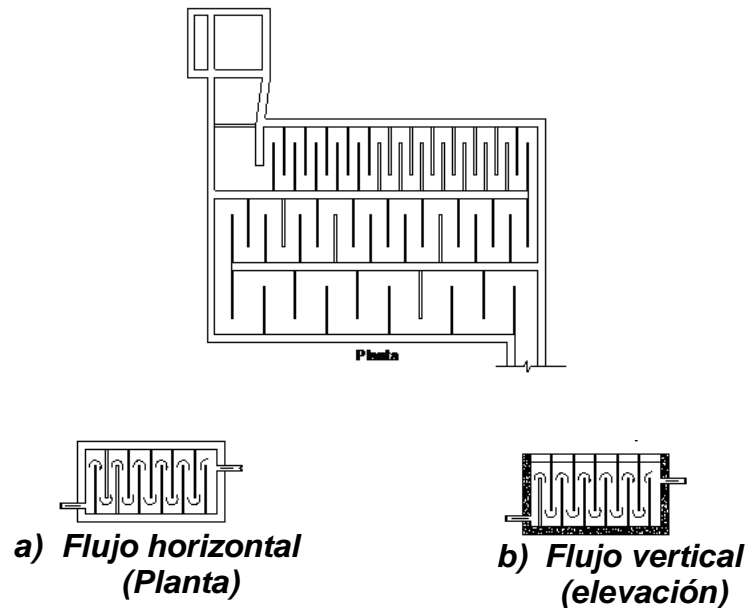
El proceso de coagulación consiste en la desestabilización de las partículas coloidales o neutralización de las moléculas de sustancias químicas, a través de dos métodos, i) el proceso químico, en el que la reacción ocurre anulando las cargas eléctricas de la superficie del coloide y permitiendo que estas partículas se aglomeren formando flóculos; y ii) el físico, que consiste en el transporte de las partículas, de modo que haya contacto con las impurezas presentes en el agua, de manera que se formen aglomerados más grandes.

El proceso se realiza en unidades de mezcla rápida, las cuales puede ser hidráulicas (canaleta Parshall o rectangular, inyector, difusores, etc.), mecánicas (cámara con agitador) y especiales (mezcladores estáticos) [8].

**Floculación:** El proceso de floculación es una etapa de mezcla lenta, que es posterior a la coagulación; consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flocs recién formados, con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. La mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse [7].

Este proceso se realiza en unidades de mezcla lenta, puede ser con tipos de energía hidráulica o mecanizada (Ver Figura 23).

**Figura 23.** Floculadores hidráulicos de tabiques



Fuente: Arboleda Valencia, 2000

Los tipos de floculadores hidráulicos obtienen su energía a través de una pérdida de carga general o específica, producida por energía hidráulica, mientras que los floculadores mecánicos, utilizan su energía de una fuente externa (un motor eléctrico acoplado a un intercambiador de velocidades), que hace posible la pronta variación de la intensidad de agitación [8] [9].

**Sedimentación:** El proceso de sedimentación se lleva a cabo en una cámara de sedimentación, que recibe el efluente del proceso de floculación. La sedimentación es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La sedimentación es un fenómeno físico y básicamente consiste en la clarificación del agua, mediante la decantación de las partículas en el agua [10].

Los aglomerados de partículas que resultan del flujo y el movimiento descendente (sedimentación) generan flóculos, alterando su tamaño (peso y forma) durante la sedimentación.

Los sedimentadores se encuentran de diferentes tipos: estáticos y dinámicos. Los estáticos, su proceso se realiza mediante caída libre y su flujo puede ser vertical o horizontal, lo cual se recomienda según las condiciones de la población de estudio. Teniendo en cuenta el contexto y necesidad de la población de estudio, se debe optar un sedimentado o decantador convencional de flujo horizontal de alta tasa. Los decantadores convencionales consisten en dos grandes tanques con flujo horizontal, donde su diseño depende de algunos parámetros que pueden ser estimados en laboratorio y otros derivados de la práctica.

**Filtración rápida:** En el proceso de filtración rápida se requieren cuando la mayor parte de partículas que se encuentran en el agua, son de tipo coloidales o se encuentran en solución.

Para la filtración rápida comúnmente se usa arena como el medio del filtro. Para esta filtración se usa arena más gruesa con un tamaño efectivo de grano en la escala 0.4 - 1.2 mm y el ritmo de filtración es más elevado, generalmente entre 5 y 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ hora. Debido a la arena gruesa usada, los poros del lecho del filtro serán relativamente grandes y las impurezas contenidas en el agua cruda penetran al fondo en el lecho del filtro, entonces la capacidad para almacenar impurezas depositadas, es mucho más efectiva y puede tratar hasta aguas de ríos muy turbias. Para la limpieza de los filtros rápidos, se debe realizar mediante el lavado por corriente de agua limpia. Eso se hace dirigiendo el flujo elevado de agua a través del fondo del filtro, desde donde se expande y se arrastra. El lavado por corriente de agua limpia saca fuera del filtro los atoros depositados. La limpieza del filtro rápido puede realizarse en poco tiempo, no es necesaria ni siquiera media hora. Se puede realizar con la frecuencia requerida, si fuera necesaria todos los días [11].

La filtración rápida, realizada por gravedad o descendente, usualmente se emplea en las plantas de tratamiento para fines de abastecimiento público. El factor económico es la variable que define su preferencia de uso. Cuando es de flujo descendente, la filtración rápida puede realizarse con tasa declinante o constante en filtros de lecho único de arena o de lechos múltiples.

Los filtros de lecho único, en los medios de arena convencionales, la permeabilidad aumenta con la profundidad del filtro. En los filtros de lecho múltiple, es una solución lógica al problema de los filtros de lecho simple consiste en conseguir que la permeabilidad del lecho disminuya con la profundidad, de forma que los flóculos puedan penetrar y encontrar el medio más fino en las capas inferiores del filtro y el más grueso en las capas superiores. Como al emplear un solo tipo de material granular esto no es posible, pues el flujo de lavado lo estratifica en sentido contrario, por lo que se utiliza medios de diferentes densidades, de manera que los granos gruesos fueran de un material poco denso, para que el flujo ascendente de lavado los estratifique y queden encima de los granos finos, cuya densidad es mayor [12] [13].

**Desinfección:** La desinfección del agua se refiere a la inactivación de los microorganismos especialmente los patógenos que causan las enfermedades, que pueden causar daños en los consumidores del agua.

La desinfección es un importante proceso en la potabilización del agua, haciendo que sea un componente vital del sistema. Cuando se está diseñando un sistema de desinfección debe entenderse que el mismo no puede estar dissociado ni ser incongruente con la planta o sistema donde estará incluido.

La selección de la desinfección del agua debe considerar las características de la población, el caudal del sistema, la calidad del agua. Es importante que los componentes previos de la planta, remuevan la turbiedad a valores exigidos por la norma, de manera que sea efectiva la desinfección [14].

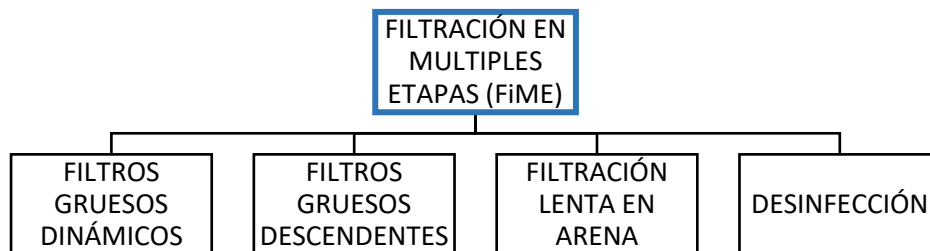
La desinfección del agua, en este tipo de tratamiento de potabilización, se lleva a cabo por medios químicos (Ver Tabla 5). Según el contexto que presenta la población en estudio se puede optar por un proceso con desinfección en cloro.

**Tabla 5.** Sistemas y métodos de desinfección químicos.

Métodos químicos	Comentarios	Ejemplos
Cloro y sus derivados	Los más empleados, tienen efecto residual	Compuestos de cloro, cloro gaseoso, dióxido de cloro
Bromo y Derivados	Ocasionalmente se emplean	Bromo, Oxido de Bromo
Yodo y derivados	Raras veces empleado	Yodo, Hipoyodatos, Yodatos
Peróxido de hidrogeno	es una opción a la desinfección con cloro	Peróxido de hidrogeno
Ozono	Después de la cloración es el método de desinfección más frecuente empleado	gas ozono generado in situ

### 3.2.2 Filtración en múltiples etapas (FiME)

**Figura 24.** Tren tecnológico de Filtración en múltiples etapas (FiME)



La Filtración en Múltiples Etapas (FiME) es la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos en arena, éstos facilitan el tratamiento de agua con

niveles de contaminación elevados los cuales no se pueden tratar utilizando sólo la Filtración Lenta en Arena.

La FiME puede estar conformada por dos o tres procesos de filtración, dependiendo del grado de contaminación de la fuente de agua, estos son: filtros gruesos dinámicos (FGDi), filtros gruesos ascendentes (FGA) y filtros lentos en arena (FLA). Los dos primeros procesos permiten reducir la concentración de sólidos suspendidos y el proceso de FLA constituye el tratamiento principal dentro del proceso. Es recomendable la desinfección final como una barrera de seguridad después de la FiME [15].

### **Etapas esenciales de la filtración en múltiples etapas (FiME)**

**Filtración gruesa dinámica:** Un FGDi consiste en dos o más unidades en paralelo compuesta de tres capas de grava de diferente tamaño, desde gruesa en la parte inferior hasta finos en la parte superior, el agua se filtra hasta el fondo desde donde sale a la siguiente unidad de tratamiento, En la parte opuesta a la zona de entrada hay un vertedero de salida de cresta delgada sobre el lecho de grava.

El FGDi contribuye al mejoramiento de la calidad del agua, y protege a las unidades de tratamiento que la precede de cargas excesivas de sólidos suspendidos. Se ha reportado una reducción del 23 al 77% en sólidos suspendidos en las unidades de FGDi, procesando agua cruda con sólidos suspendidos entre 7.7 – 9.28 mg/l y operando a velocidades de filtración entre 1 y 9 m/h [15].

**Filtración gruesa ascendente:** En un filtro grueso de flujo ascendente el agua pasa a través del lecho de grava de abajo hacia arriba lo cual permite que las impurezas sean retenidas en el filtro, éste tiene la ventaja de remover primero las partículas más pesadas en el fondo del filtro, existen dos tipos de FGA: Filtración Gruesa de Flujo Ascendente en Capas (FGAC) en el cual la grava está ubicada en capas con

diferentes tamaños del granos, Filtración Gruesa de Flujo Ascendente en Serie (FGAS), el cual es usado para aguas más contaminadas. Este sistema consta de dos o tres unidades con diferentes tamaños de grava, comenzando con granos gruesos en la primera etapa hasta finos en la última [15].

**Filtración lenta en arena:** Consiste en filtrar agua lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. El filtro consiste en un tanque, una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración.

Los filtros lentos de arena requieren un bajo nivel de filtración (0.015 a 0.15 galones por minuto por cada pie cuadrado de área de la cama de filtro) La acción de retiro incluye un proceso biológico en adición a los procesos químicos y físicos [16].

Cuando ingresa la materia orgánica e inorgánica en las unidades de FLA con el flujo de agua ya sea tratada o pre-tratada, pasa por un medio filtrante por gravedad, debido a la presión que ejerce el agua sobrenadante que se encuentra encima del lecho de arena. Este lecho filtrante también remueve organismos aeróbicos, como zooplancton y el resto de la biomasa, los cuales respiran constantemente, demandando un oxígeno proveniente del agua, de ahí la necesidad de un flujo continuo en el sistema [17].

El caudal en las unidades de FLA tiene que ser controlado para mantener una tasa de filtración adecuada, de manera que se asegure que los procesos biológicos reciban el oxígeno y los nutrientes necesarios, reduciendo bacterias nubosidades y los niveles orgánicos [15].

**Desinfección:** La desinfección del agua con cloro es uno de los tratamientos necesarios según los requerimientos de la población en estudio, ya que es

importante para prevenir la propagación de enfermedades que se originan en la fuente de agua, y también para evitar el crecimiento de bacterias y hongos en el sistema [18]. Este proceso se describe con más profundidad en el ítem 2.2.1 (Desinfección).

La diferencia entre el cloro combinado y el cloro libre (residual), es que al introducirlo en el agua, este se combina con la materia orgánica, formando compuestos de muy baja eficiencia de desinfección. El cloro libre es la concentración del cloro residual en el agua, por esta razón se requiere más mediciones de cloro libre para medir la eficiencia de la desinfección.

La carga de materia orgánica en el agua afecta a la eficiencia de cloración. La filtración preliminar del agua, puede reducir sustancialmente la carga de materia orgánica, reduciendo así la cantidad de cloro necesaria para conseguir una desinfección eficaz. Esta eficiencia también depende de la turbidez del agua, ya que las bacterias pueden ocultarse dentro y entre las partículas coloidales, haciendo que sea necesario un tratamiento anterior para disminuir la turbidez del agua.

Cuando la desinfección del agua con cloro se realiza correctamente, el cloro libre se queda en el agua, protegiéndolo de re-contaminación este también protege las líneas de riego de obstrucciones causadas por crecimiento de algas y de limo. Otros métodos dejan el agua expuesta a una nueva infección.

### **Criterios básicos de diseño**

En las Tablas 6 a 8 se presentan los criterios para el diseño de los diferentes procesos que hacen parte de una FiME [15].

Uno de los criterios más relevantes para diseño de esta planta de tratamiento, es las alturas permitidas para las capas de los lecho filtrantes (Ver Tabla 6).

**Tabla 6.** Lineamientos para el diseño de filtros gruesos dinámicos.

PARÁMETRO (Capa de lecho filtrante)	OBJETIVO PRINCIPAL DEL TRATAMIENTO	
	Mejorar calidad del agua	Reducir el impacto de los sólidos suspendidos
Superior (grosor en m y tamaño en mm)	0.2 y 3-5	0.2-0.3 y 1.5-3
Media (grosor en m y tamaño en mm)	0.2 y 5-15	0.1 y 3-5
Inferior (grosor en m y tamaño en mm)	0.2 y 15-25	0.1 y 5-15

Fuente: Cinara-UniValle

En cuanto a los lineamientos de diseño para un filtro grueso ascendente, el cual puede ser en capas (FGAC) o en serie (FGAS), se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Lineamientos para el diseño de filtros gruesos ascendentes.

PARÁMETRO	FGAC	FGAS en serie
Tasa de filtración (m/h)	0.3-1.0	0.3-1.0
Longitud (m) y tamaño de grava (mm)	0.2-0.3 y (25-19)	0.6-1.0 y (25-19)
	0.2-0.3 y (19-13)	0.6-1.0 y (19-13)
	0.2-0.3 y (13-6)	0.6-1.0 y (13-6)
Capa inferior de drenaje con grava	0.15-0.30 y (25-35)	0.15-0.30 y (25-35)
Altura del agua sobredrenada (m)	0.2	0.2
Cabeza estática disponible para limpieza hidráulica (m)	>2.5	>2.5
Velocidad inicial de drenaje para limpieza (m/h)	>10	>10
Área del lecho filtrante por unidad (m <sup>2</sup> )	<20	<20

Fuente: Cinara-UniValle

En la Tabla 8, se presentan algunos de los lineamientos que se deben tener en cuenta en el momento de implementar un filtro lento en arena.

**Tabla 8.** Lineamientos para el diseño de filtros lentos en arena.

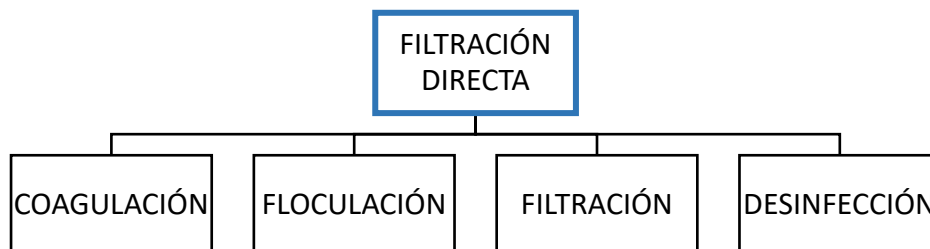
PARÁMETRO	VALOR
Periodo de diseño (años)	08-12
Periodo de operación (h/d)	24
Tasa de filtración (m/h)	0.1-0.3
Lecho de arena	
altura inicial (m)	0.8
altura mínima (m)	0.5
tamaño efectivo (mm)	0.15-0.30
Coefficiente de uniformidad	<4
altura lecho de soporte con drenaje (m)	0.25
altura máxima del agua sobredrenante (m)	0.75
Borde libre (m)	0.1
área superficial máxima (m <sup>2</sup> )	<100

Fuente: Cinara-UniValle

Una de las ventajas de esta tecnología, es que no utiliza químicos ni equipos junto con un bajo costo de la operación y mantenimiento, además resulta una tecnología económica en términos ambientales y financieros. Esta tecnología de tratamiento solo es apta poblaciones menores a 30.000 habitantes, y resulta ineficiente para aguas con alta contaminación microbiológica.

### 3.2.3 Filtración directa

**Figura 25.** Tren tecnológico de Filtración Directa.



Este sistema de potabilización está constituido por los procesos de mezcla rápida y filtración, se considera como una de las mejores alternativas de filtración en ciertos contextos. Los sistemas de filtración directa son similares a los sistemas convencionales, pero omiten la sedimentación.

Consiste generalmente en el paso del flujo de agua a través de un medio poroso, generalmente compuesta estos de arena, arena + antracita o bien carbón activado [19].

Esta alternativa es apropiada solo para aguas claras, ideales para aguas provenientes de embalses o represas, o aguas que operan con grandes presedimentadores y proporcionan por lo que se debe tener en cuenta los niveles de turbidez de la fuente de abastecimiento.

El tratamiento por filtración directa, cuenta con las siguientes etapas: coagulación, floculación y filtración rápida descendente. La floculación puede o no ser necesaria, dependiendo de la calidad del agua cruda (principalmente en función del tamaño de las partículas), las características del medio filtrante y de la calidad de la filtración. [19].

Dependiendo de las características del agua cruda y del tipo de coagulante, puede haber la necesidad de aplicar un alcalinizante o un acidificante [7].

La filtración directa es aplicable solamente para sistemas con alta calidad y con fuentes de suministro consistentes estacionalmente. El influente o agua a tratar generalmente debe tener una turbiedad menor de 5 a 10 NTU y color de menos de 20 a 30 unidades. (Agua con 15 o más unidades de color causa problemas estéticos como manchas).

### **Etapas esenciales de la filtración directa**

**Coagulación:** En este proceso se agregan coagulantes químicos como sales de hierro o aluminio, dependiendo de la calidad del agua cruda, junto con la temperatura del agua, ya que esta influye considerablemente en la eficiencia de la coagulación. El tiempo que permanece el agua cruda en esta etapa es relativamente corto (10 a 40 min). Esto puede incluir ajustadores de pH y coagulantes. Una variedad de dispositivos, como distribuidores y mezcladores estáticos que pueden ser utilizados para mezclar el agua y distribuir los químicos uniformemente.

Las dosis típicas de coagulación se encuentran entre rangos menores de 1 a 30 miligramos por litro. Los polímeros no iónicos son añadidos a veces al proceso de filtración para incrementar la eficiencia del filtro [20].

Para el tratamiento de Filtración Directa, existen dos tipos de coagulación, coagulación por absorción, coagulación por barridos. La primera consiste en que el coagulante debe dispersarse en forma instantánea en toda la masa de agua, Para la coagulación por barridos, el agua es sobresaturada en 3 ó 4 órdenes de magnitud y el hidróxido se precipita con mucha rapidez. En estas circunstancias son considerablemente más importantes las condiciones químicas para lograr una buena precipitación.

**Floculación:** Para este proceso en el tratamiento de filtración directa, se maneja con filtros gruesos, los cuales son una buena alternativa disponible frente a las limitaciones de procesos convencionales con coagulación para manejar aguas durante periodos de alta y baja turbiedad y moderados niveles de materia disuelta; así como para manejar fuertes y rápidas variaciones de la calidad del agua.

En cuanto a los tipos de floculadores se mencionan en el ítem 2.2.1 (Floculación)

En este proceso el agua tratada químicamente es enviada hacia un recipiente donde las partículas suspendidas pueden colisionar y formar partículas más pesadas

llamadas floculo. Una agitación suave y un tiempo apropiado de detención facilitan este proceso [21].

Este procedimiento no trata de conseguir un floculo de gran tamaño, separable fácilmente por decantación, sino que se formen pequeños floculos, también conocido como micro-floculación [22].

Filtración: Al llegar a este punto la materia coloidal y en suspensión se elimina del agua al pasar a través de un medio granular y por la acción conjunta de diferentes acciones físicas, químicas y biológicas que ocurren en el filtro, según el tipo de filtro y la calidad del agua filtrada [22].

Este proceso también se describe en el ítem 2.2.1 (Filtración).

Desinfección: Como se ha mencionado anteriormente, la desinfección del agua se encarga de la destrucción y/o desactivación completa, de los microorganismos dañinos presentes en el agua, utilizando métodos físicos o químicos.

Para profundizar sobre este proceso revisar los ítems 2.2.1 y 2.2.2 (Desinfección).

### **Criterios básicos de diseño**

Para el tratamiento de filtración directa existen dos tipos, estos son filtración directa ascendente y filtración directa descendente. El medio filtrante para los filtros de flujo ascendente y descendente está constituidos por lo general de antracita y arena o solamente de arena uniforme para garantizar así una mayor duración de las carreras de filtración.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable, fuese el caso de una cuenca virgen o bien protegida, en la que la turbidez del agua no supera de 10 a 20 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez) el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25%

UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear Filtración Directa Descendente.

En el caso de aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 60 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC, podrían ser tratadas mediante filtración directa ascendente.

La tercera alternativa disponible para aguas relativamente claras es la filtración directa ascendente–descendente. Esta alternativa es aplicable a aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan las 250 UNT ni las 60 UC, y alcanzan esporádicamente más de 400 UNT y 100 UC.

La Tabla 8, sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para cada alternativa de tratamiento mencionada. Este tipo de soluciones requieren un amplio estudio de la fuente, para estar bien seguros de su comportamiento estacional, sobre todo durante los ciclos lluviosos [23].

Además de las especificaciones de calidad de agua ya indicadas, se deberán tener en cuenta otros parámetros de calidad de la fuente que se indican en el Tabla 9.

**Tabla 9.** Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa.

Parámetros	Valores recomendables
Sólidos suspendidos TOTALES (mg/L)	< 50
Carbono orgánico total (mg/L)	< 5
pH	5,5 - 6,5
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05
Nitrógeno total (mg/L)	< 5
Clorofila ( µg/L)	< 10
Coliformes totales (Colif./100)	< 2.500
Hierro (mg/L)	10
Manganeso (mg/L)	2

Fuente: RAS-2000

Los tipos de filtración directa, ascendente y descendente tecnología tienen algunas características y requerimientos que se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Motivo de uso del medio de transporte.

Ascendente	Descendente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a la dificultad para remover impurezas acumuladas en la capa de grava se hace necesario efectuar descargas de fondo antes de cada lavado.</li> <li>• Esta tecnología no es recomendable para tratar aguas que presenten variaciones repentinas de calidad.</li> <li>• La eficiencia de estos filtros es mayor que los filtros de flujo descendente, debido a que el flujo penetra en el lecho filtrante en el sentido decreciente de la granulometría, aprovechándose íntegramente todo el lecho de arena.</li> <li>• El crecimiento de la pérdida de carga durante la filtración es menor que en los filtros de flujo descendente, obteniéndose carreras de filtración más largas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El lavado del medio filtrante debe realizarse con agua filtrada.</li> <li>• Es recomendable para aguas de muy buena calidad y características constantes.</li> <li>• Requiere de recursos humanos calificados para su operación y mantenimiento.</li> <li>• Es un sistema sensible a las variaciones de turbiedad y color por lo que no se debe adoptar como solución tecnológica mientras no se tengan ensayos de laboratorio o planta piloto.</li> <li>• Posee un tiempo de retención de unos pocos minutos, por lo que no da margen para reaccionar en caso de emergencia.</li> </ul>

Los filtros de estas instalaciones, generalmente son abiertos, con velocidades de filtración entre 6 y 15 m/h, empleándose los filtros cerrados a presión en instalaciones pequeñas (menores de 50 m<sup>3</sup> /h).

El espesor de la capa de arena para los filtros, suele oscilar entre 0,7 y 1 m. y de tamaño efectivo entre 0.8 y 1mm con un coeficiente de uniformidad entre 1,5 y 1,7. En el caso de lechos bicapa, el espesor de arena es 1/3 del total y sobre ella una capa de antracita de 2/3 del espesor total y talla efectiva entre 1,2 y 2,5mm.

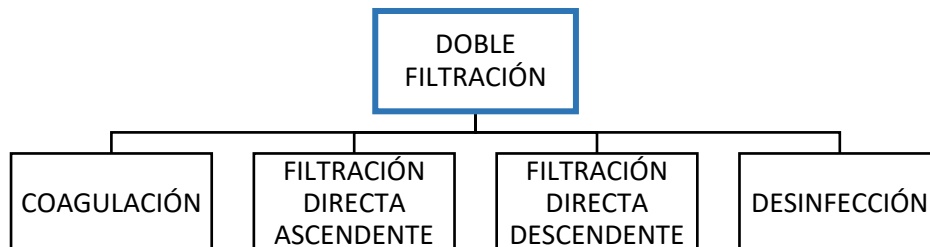
Realmente, el espesor y granulometría depende de la velocidad de filtración, del tamaño y naturaleza de las partículas que van a ser retenidas y de la pérdida de carga disponible.

Esta tecnología, con respecto a la tecnología de tratamiento de ciclo completo, tiene un ahorro entre el 30% y 70% de la inversión inicial que requiere, además también facilita el tratamiento de agua con turbidez baja.

A diferencia de la tecnología de ciclo completo, esta requiere un monitoreo continuo, considerando que el tiempo de decantación del agua en el sistema es relativamente corto para que un operador perciba cualquier cambio en la filtración y la calidad del agua.

### 3.2.4 Doble filtración

**Figura 26.** Tren tecnológico de Doble Filtración

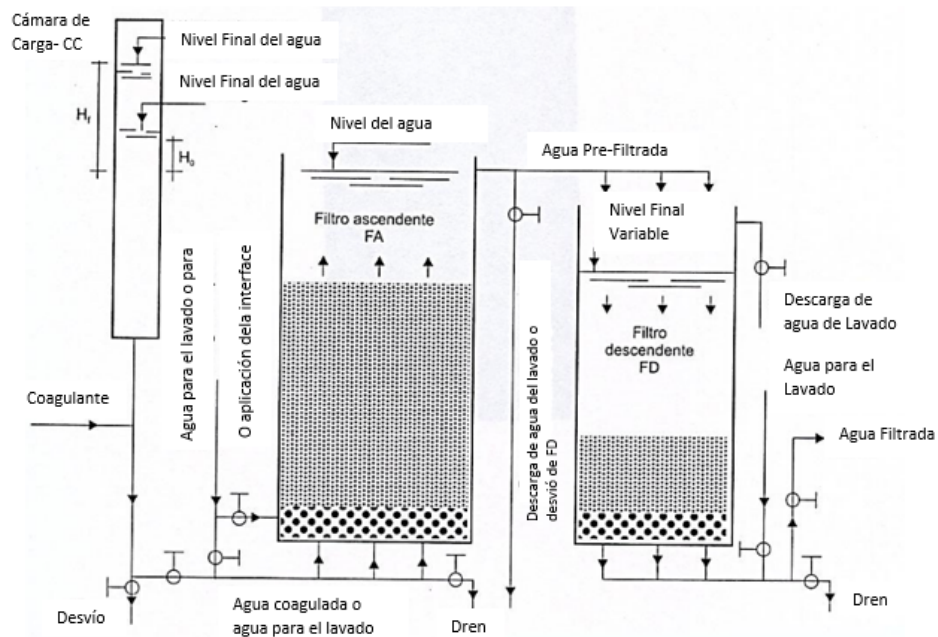


La doble filtración lleva a cabo con el fin de reducir las limitaciones que pueden tener los tratamientos por filtración directa ascendente y filtración directa descendente con respecto al tratamiento de aguas con una contaminación relativamente alta.

Esta tecnología realiza procesos de coagulación y filtración ascendente, descendente, lo que le da una gran capacidad de retener sólidos suspendidos en aguas con alta turbidez.

Los filtros para esta planta pueden estar conjugados (los dos ocupando la misma unidad) o físicamente separados (Figura 27.), constituida por un filtro descendente y por uno ascendente, operados constantemente. Estos filtros presenta un sistema compuesto por una cámara de carga, que recibe el agua a tratar, una tubería de entrada que incluye inyección de coagulante, filtro de grava y arena de flujo ascendente, conectado a continuación a un filtro de flujo descendente. En cualquier caso, ya sea una planta con filtros separados o conjugados, el agua cruda llega a la cámara de carga [7].

**Figura 27.** Unidades de Doble Filtración.



Fuente: Arboleda Valencia, 2000

### Etapas esenciales de la doble filtración

**Coagulación:** Las características de la coagulación para este proceso, (pH y dosificación de coagulante) pueden ser convenientemente determinadas mediante

la realización de pruebas de tratamiento, utilizando equipo especial (equipo de jarras con filtros de laboratorio) y equipo de flujo continuo.

Se recomienda que la coagulación sea realizada con mecanismos de neutralización de carga. El ensayo puede ser realizado utilizando la prueba de jarras.

En general, las instalaciones menores (Capacidad nominal de 100 L/s), tiene una única cámara de carga (Con subdivisiones internas), realizando con una mezcla rápida que se lleva a cabo en la tubería de llegada, de tal forma que el agua coagulada quede dividida equitativamente en las diversas unidades de doble filtración [7].

**Filtración ascendente:** Este proceso como se ha mencionado antes consiste en un proceso de floculación- sedimentación, la cual está conformada por los poros o vacíos que dejan las piedras que sirven como lecho, y en donde las partículas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, esta interacción favorece que las partículas se aglomeren, incrementen su tamaño y adquieran mayor densidad.

Esta fase contiene una subdivisión, la cual consiste en una segunda zona del -filtro ascendente de arena, en donde el afluente ingresa por la parte inferior y es recolectada superiormente en un canaleta circular [7].

**Filtración descendente:** Se proyecta una unidad descendente de filtración, haciendo uso del carbón activado como lecho ó antracita, teniendo claro que el primero es el mejor adsorbente de uso general y aprobado para remoción/reducción de muchos compuestos orgánicos y aún algunos inorgánicos del agua, ya que con su estructura porosa y desarrollada le da una gran área específica y habilidad de adsorber sustancias de origen orgánico e inorgánico [7] [24].

Para profundizar sobre este proceso revisar los ítems 2.2.1 y 2.2.2.

### Criterios básicos de diseño

Esta alternativa es aplicable a aguas que el 90 % del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y los 60 UC, y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC.

A continuación se sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para el tratamiento mencionado. Este tipo de solución puede requerir de un amplio estudio de la fuente, para asegurarse su comportamiento estacional, sobre todo durante los ciclos lluviosos (Ver Tabla 11).

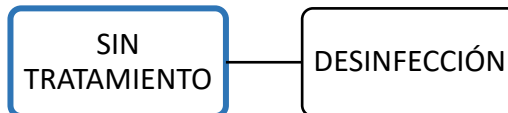
**Tabla 11.** Límites de calidad de agua para plantas de doble filtración.

Alternativa	Parámetros	90% del Tiempo	80% del Tiempo	Esporádicamente
Filtración directa ascendente - descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 150	< 400
	Color (UC)	<60		< 100

Fuente: RAS-2000

### 3.2.5 Sin tratamiento

**Figura 28.** Tren Tecnológico sin tratamiento



En algunas localidades se utiliza la cloración como único proceso de tratamiento para el agua, las aguas que reciben este tratamiento, por lo general tiene un gran contenido de materia orgánica por lo que requieren grandes dosis y mayores tiempos de concentración para mejores resultados.

Este tratamiento de potabilización comprende el proceso de desinfección con cloro, se realizará con este químico pues es un producto comercial, de fácil acceso y la norma Colombiana exige cloro residual en la red., La concentración de cloro residual libre en el sistema de distribución debe estar entre 0.2 mg/L y 1.0 mg/L, según lo fijado por el Decreto 475 de marzo 10 de 1998 del Ministerio de Salud o en su defecto, el que lo reemplace [25].

La dosis de cloro debe ser suficiente para satisfacer la demanda y mantener un cloro residual suficiente para inactivar o eliminar organismos patógenos.

La desinfección debe efectuarse mediante un equipo de dosificación automático. Así mismo, se recomienda la implantación progresiva de aparatos automáticos de inyección y de medida de desinfectante residual a la salida de las ETAP y de los depósitos con sistema de cloración, la mayoría de dosificadores aportan cloro de forma continua, pero algunos lo suministran de forma discontinua en función de la demanda, es decir, dependiendo del volumen de agua que haya en el depósito en cada momento [26].

### **Criterios básicos de diseño**

El Sistema de dosificación, debe tener el cloro gaseoso, donde la tasa máxima de extracción de gas de cloro de un cilindro está basada en la temperatura externa. La tasa de extracción es mayor de 681 kg/día, se recomienda la extracción de cloro líquido y el uso de un evaporador, esta puede ser mayor si la operación es intermitente. La distancia entre el clorado y el cilindro de cloro debe ser tan corta como sea posible para evitar la relicuefacción del gas de cloro [25].

Este sistema también debe implementar el hipoclorito de sodio. Esta sustancia no es toxica, de fácil transporte, no requiere de equipos sofisticados para su aplicación.

Tiene la desventaja de tener poca estabilidad, tiene una baja concentración de cloro activo (entre 2.5 y 15%, la concentración más común 10%).

Antes de fijar la dosis de desinfectante, debe estimarse la eficiencia de los procesos de sedimentación y filtración previos para establecer el grado de remoción de coliformes totales y de turbiedad, pues entre más organismos patógenos pasen en los procesos previos, más alta debe ser la dosis empleada (turbiedad mayor de 1.0 UNT) [25].

El tanque de contacto, se deben implementar en todos los niveles de complejidad. Estas unidades son de forma rectangular en cuyo interior debe contener pantallas de forma que permitan un flujo tipo pistón dentro de la unidad. Debe implementarse como mínimo dos unidades de desinfección.

El tanque de contacto debe diseñarse con tabiques de ida y regreso de tal manera que retenga el agua.

El tanque de almacenamiento no se puede utilizar como tanque de contacto porque su nivel está variando constantemente y por tanto no siempre retiene el flujo durante el tiempo requerido para una buena desinfección.

Los cloradores, pueden ser de tipo directo o de solución al vacío, donde los primeros aprovechan la presión del cilindro de cloro para aplicar el gas directamente a la masa líquida a ser desinfectada. La máxima presión en el punto de aplicación es de 1.41 kg/cm<sup>2</sup>. Los cloradores de tipo de solución al vacío, succionan el gas por medio del vacío generado en un inyector, el cual lo mezcla con agua para formar una solución, que luego es conducida al punto de aplicación. La operación de esta unidad puede ser por control manual (recomendado para los niveles bajo y medio de complejidad) [25].

Una de las ventajas de este sistema de tratamiento de potabilización, es su fácil aplicación, que es económico, de fácil dosificación y en poco tiempo realiza su proceso, aunque algunas veces puede producir sabores desagradables.

### 3.3 Selección de la tecnología

#### 3.3.1 Descripción de variables para la herramienta de selección

- **Características del terreno**

##### **Superficie necesaria**

Esta variable se refiere a la relación entre el área existente y el área requerida para la construcción de cada una de las tecnologías en estudio, la USPD del municipio brindó información sobre el área del terreno disponible para la adecuación del acueducto municipal, el área requerida por cada tecnología es un valor aproximado, se revisaron proyectos de grado con características similares a las de la población en estudio en los que se realizaron diseños del sistema de potabilización, además se contó con la asesoría de ingenieros expertos en el tema. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

<b>(Ar) / (Ae)</b>	
<b>Ar/Ae&lt;1</b>	<b>Ar/Ae&gt;1</b>
<b>5</b>	<b>1</b>

Dónde: Ar= área requerida

Ae= área existente

Tecnología	Área Requerida [m <sup>2</sup> ]	Área Existente [m <sup>2</sup> ]	Área Requerida (Ar) / Área Existente (Ae)
Ciclo Completo	190	1.236	0.15
FiME	250		0.20
Filtración Directa	185		0.15
Filtración Doble	100		0.08
Sin Tratamiento	50		0.04

- **Características de la fuente de abastecimiento**

### Calidad de la Fuente

En esta variable, para el análisis de calidad de la fuente, se tuvo en cuenta los niveles de COLIFORMES TOTALES del agua, haciendo referencia a la calidad del agua requerida por la tecnología en estudio en relación con la calidad de agua de la fuente, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad y los datos brindados por la USPD de la localidad en estudio. El informe de laboratorio proporcionado por la USPD muestra el valor de la variable en estudio, el análisis microbiológico arrojó que el valor de coliformes totales es 420 UFC/100ml La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

(Cr)/ (Ce)		
$0 < Cr/Ce < 0,5$	$0,5 < Cr/Ce < 1$	$Cr/Ce > 1$
1	3	5

Dónde: Cr= Calidad requerida

Ce= Calidad existente

Tecnología	Coliformes Totales Aceptables [UFC/100ml]	Coliformes Totales Actuales [UFC/100ml]	(Cr)/ (Ce)
Ciclo Completo	5.000	420	11.90
FiME	500		1.19
Filtración Directa	500		1.19
Filtración Doble	500		1.19
Sin Tratamiento	50		0.12

- **Capacidad y disponibilidad de pago**

Se realizó una encuesta (Anexo D) a los habitantes del municipio de El Playón donde se preguntó entre otras cosas, disponibilidad de pago por un servicio de potabilización de mejor calidad e ingresos mensuales del núcleo familiar, con el fin de determinar las siguientes variables:

### Capacidad de pago

Para determinar los ingresos promedio mensuales de los habitantes del municipio, se realizó un promedio ponderado de los ingresos mensuales del núcleo familiar de cada uno de los encuestados, como las opciones de respuesta estaban por rangos se tomó el promedio de estos dos valores, como se muestra a continuación:

**Tabla 12.** Resultados de encuesta.

Opciones de Respuesta	Valor Tomado	Número de Personas
Menos de \$400.000	\$400.000	8
Entre \$400.000 y SMMLV	\$544.750	17
SMMLV	\$689.500	19
Entre SMMLV y \$800.000	\$744.750	16
Más de \$800.000	\$800.000	6

$$IPM = \$640.550$$

La Capacidad de Pago se calculó de la siguiente forma:

$$CP = IPM \times 1\%$$

Donde:

IPM= Ingreso promedio mensual (\$)

1% es el porcentaje estimado del IPM que puede ser destinado al pago del servicio correspondiente a la potabilización del agua [4].

$$CP = \$640.550 \times 1\%$$

$$CP = \$6.405$$

### Tarifa

Para obtener el valor de la tarifa de cada una de las tecnologías seleccionadas, se usó el programa SelTec, desarrollado por el Instituto Cinara de la Universidad del Valle, éste solicito valores tales como costos de materiales y salarios de funcionarios, se usaron valores actuales y fueron los mismos en todas las tecnologías.

El valor de la tarifa para cada tecnología arrojada por el programa se muestra a continuación:

<b>Tecnología</b>	<b>Tarifa [\$/Suscriptor</b>
Ciclo Completo	10.323
FiME	6.464
Filtración Directa	8.497
Filtración Doble	7.481
Sin Tratamiento	795

## Disponibilidad de pago

Para determinar la disponibilidad de pago de los habitantes del municipio, se realizó un promedio ponderado de la disponibilidad de pago de cada uno de los encuestados, como las opciones de respuesta estaban por rangos se tomó el promedio de estos dos valores, como se muestra a continuación:

**Tabla 13.** Resultados de encuesta.

Opciones de Respuesta	Valor Tomado	Número de Personas
Entre \$5.000 y \$10.000	\$7.500	21
Entre \$10.000 y \$15.000	\$12.500	31
Entre \$15.000 y \$20.000	\$17.500	9
Entre \$20.000 y \$25.000	\$22.500	5

$$DP = \$12.350$$

## Capacidad de pago/Tarifa de la tecnología

Esta variable se refiere a la relación entre la Capacidad de pago de los habitantes del municipio y la Tarifa de cada una de las tecnologías en estudio, para esto se realizó los cálculos anteriormente descritos. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

CP/T		
$0 < CP/T < 0,5$	$0,5 < CP/T < 1$	$CP/T > 1$
1	3	5

Dónde: CP= Capacidad de Pago

T= Tarifa

Tecnología	Tarifa [\\$]	Capacidad de Pago [\\$]	Capacidad de pago/Tarifa de la tecnología
Ciclo Completo	10.323	6.405	0.6
FiME	6.464		1.0
Filtración Directa	8.497		0.8
Filtración Doble	7.481		0.9
Sin Tratamiento	795		8.1

### Disponibilidad de pago/Tarifa de la tecnología

Esta variable se refiere a la relación entre la Disponibilidad de pago de los habitantes del municipio y la Tarifa de cada una de las tecnologías en estudio, para esto se realizó los cálculos anteriormente descritos. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

DP/T		
$0 < DP/T < 0,5$	$0,5 < DP/T < 1$	$DP/T > 1$
1	3	5

Dónde: DP= Disponibilidad de Pago

T= Tarifa

Tecnología	Tarifa [\\$]	Disponibilidad de Pago [\\$]	Disponibilidad de pago / Tarifa de la tecnología
Ciclo Completo	10.323	12.350	1.2
FiME	6.464		1.9
Filtración Directa	8.497		1.5
Filtración Doble	7.481		1.7
Sin Tratamiento	795		15.5

- **Disponibilidad de recursos**

### **Recursos Locales**

Para estimar si la tecnología requiere de materiales que se pueden encontrar en la localidad, se consultó el proceso constructivo de las diferentes tecnologías y con el estudio realizado en el municipio se logró establecer los valores para esta evaluar esta variable. La puntuación se otorgó según el requerimiento de la tecnología como se muestra a continuación:

Recursos Locales	
SI	NO
5	1

<b>Tecnología</b>	<b>¿Los Materiales se pueden encontrar en el municipio?</b>
Ciclo Completo	Si
FiME	Si
Filtración Directa	Si
Filtración Doble	Si
Sin Tratamiento	No

### **Requerimiento y Disponibilidad de Reactivos Químicos**

Esta variable hace referencia a los reactivos químicos necesarios para el proceso de potabilización, la puntuación se otorgó según el requerimiento y disponibilidad de estos en la localidad en estudio, como se indica a continuación:

Reactivos Químicos			
SI Requiere SI Disponible	NO Requiere NO Disponible	NO Requiere SI Disponible	SI Requiere NO Disponible
5	3	2	1

Tecnología	¿Requiere Productos Químicos?, ¿Están Disponibles?
Ciclo Completo	SI Requiere NO Disponible
FiME	SI Requiere NO Disponible
Filtración Directa	SI Requiere NO Disponible
Filtración Doble	SI Requiere NO Disponible
Sin Tratamiento	SI Requiere NO Disponible

### Requerimientos de Energía Eléctrica

Para estimar si la tecnología requiere energía eléctrica se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica, La puntuación se otorgó según el requerimiento de la tecnología como se muestra a continuación

Requiere Energía Eléctrica	
SI	NO
1	5

Tecnología	¿Requiere Energía Eléctrica?
Ciclo Completo	No
FiME	No
Filtración Directa	No
Filtración Doble	No
Sin Tratamiento	No

### Disponibilidad de mano de obra local

Para estimar si la tecnología requiere en su etapa constructiva mano de obra local, se revisó los diferentes procesos constructivos y los requerimientos de cada uno de éstos en cuanto a personal especializado, técnico o empírico. La puntuación se otorgó según el requerimiento de la tecnología como se muestra a continuación

Mano de Obra		
Especializada	Especializada-Empírica	Empírica
1	3	5

Tecnología	Tipo de mano de obra requerida
Ciclo Completo	Especializada-Empírica
FiME	Empírica
Filtración Directa	Empírica
Filtración Doble	Empírica
Sin Tratamiento	Empírica

### Necesidad de equipo Mecánico

Este indicador hace referencia a la necesidad de cada una de las tecnologías de equipos mecánicos para su funcionamiento, la base para esto es el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Requiere Equipo Mecánico	
SI	NO
1	5

<b>Tecnología</b>	<b>¿Requiere Equipo Mecánico para su funcionamiento?</b>
Ciclo Completo	Si
FiME	No
Filtración Directa	No
Filtración Doble	No
Sin Tratamiento	No

- **Necesidad de obra civil**

### **Movimiento de Tierra**

Esta variable hace referencia a la necesidad de realizar movimientos de tierra para la construcción de las etapas que conforman cada una de las tecnologías en estudio, para esto se consultó la topografía del terreno y el proceso constructivo de cada una de las tecnologías. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación

<b>Necesidad de movimiento de tierras</b>	
<b>SI</b>	<b>NO</b>
1	5

<b>Tecnología</b>	<b>¿Requiere Movimiento de tierra para su construcción?</b>
Ciclo Completo	Si
FiME	Si
Filtración Directa	Si
Filtración Doble	Si
Sin Tratamiento	Si

## Necesidad de Maquinaria de Construcción

Esta variable hace referencia a la necesidad de utilizar maquinaria para la construcción de las etapas que conforman cada una de las tecnologías en estudio, para esto se consultó el proceso constructivo de cada una de las tecnologías. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Necesidad de Maquinaria de Construcción	
SI	NO
1	5

Tecnología	¿Requiere Maquinaria para su construcción?
Ciclo Completo	Si
FiME	Si
Filtración Directa	Si
Filtración Doble	Si
Sin Tratamiento	Si

- **Operación y mantenimiento (O&M)**

## Nivel de Capacitación del personal necesario para la O&M

Esta variable hace referencia al personal necesario para realizar la operación y mantenimiento de las tecnologías en estudio, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Nivel de Capacitación para la O&M		
Profesional	Técnico	Bachiller
1	3	5

Tecnología	Nivel de Educación del personal que requiere para la O&M
Ciclo Completo	Profesional
FiME	Técnico
Filtración Directa	Técnico
Filtración Doble	Técnico
Sin Tratamiento	Bachiller

### Frecuencia de Control

Esta variable hace referencia al tiempo requerido por la tecnología entre un mantenimiento y el siguiente, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Frecuencia de Control			
Diario	Semanal	Quincenal	Mensual
1	2	3	5

Tecnología	Frecuencia con que se realiza mantenimiento
Ciclo Completo	Quincenal
FiME	Mensual
Filtración Directa	Quincenal
Filtración Doble	Quincenal
Sin Tratamiento	Diario

## Simplicidad de la operación

Esta variable hace referencia a la simplicidad de operación de cada una de las tecnologías en estudio, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Simplicidad de la operación		
Simple	Moderado	Complejo
5	3	1

Tecnología	Simplicidad de operación de la tecnología
Ciclo Completo	Moderado
FiME	Simple
Filtración Directa	Simple
Filtración Doble	Simple
Sin Tratamiento	Simple

- **Aspectos técnicos**

## Eficiencia de la tecnología

Esta variable hace referencia a la **eficiencia de remoción de turbiedad** que tiene cada una de las tecnologías en estudio, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Eficiencia de la tecnología				
0%-20%	20%-40%	40%-60%	60%-80%	80%-100%
1	2	3	4	5

Tecnología	Eficiencia de remoción de unidades de turbiedad
Ciclo Completo	99%
FiME	80-100%
Filtración Directa	80%
Filtración Doble	90%
Sin Tratamiento	0%

- **Impacto ambiental del sistema de tratamiento**

Este criterio hace referencia al impacto ambiental que puede generar cada una de las tecnologías en estudio, dentro de éste se tienen en cuenta indicadores como el impacto visual, ruido, polvo, generación de olores, o posible contaminación del suelo a causa de la construcción de las diferentes tecnologías, para esto se tuvo en cuenta el análisis de la oferta tecnológica realizado con anterioridad y la asesoría de ingenieros expertos en el tema. La puntuación se otorgó como se muestra a continuación:

Impacto ambiental	
<b>8.1 Impacto Visual</b>	
<b>8.2 Generación de Ruido</b>	
<b>8.3 Generación de Polvo</b>	
<b>8.4 Generación de Olores</b>	
<b>8.5 Contaminación del suelo</b>	
SI	NO
1	5

Tecnología	¿Presenta Impacto Visual?	¿Genera Ruido?	¿Genera Polvo?	¿Genera Olores?	¿Contamina el suelo?
Ciclo Completo	Si	No	No	No	Si
FiME	No	No	No	No	Si
Filtración Directa	Si	No	No	No	Si
Filtración Doble	Si	No	No	No	Si
Sin Tratamiento	Si	No	No	No	No

- **Aspectos Sociales**

### **Opinión de la Comunidad**

Esta variable hace referencia a la opinión de la comunidad, expresada mediante una encuesta realizada en la cual se pidió que calificaran de 1 a 5 (siendo 5 la opción más factible de implementación en la comunidad y 1 la de menor factibilidad) las diferentes opciones tecnológicas en estudio, antes de esto con ayuda de un folleto (Anexo E), se informó a la comunidad las diferentes ventajas, desventajas y requerimientos de cada una de las tecnologías en estudio. Con estos valores se realizó un promedio de los valores expresados por la comunidad para cada una de las tecnologías y fue el que finalmente quedó reflejado en la calificación de las tecnologías.

A continuación se muestran los valores expresados por la comunidad para cada una de las tecnologías y el cálculo del promedio para la tecnología ciclo completo, para las demás tecnologías el procedimiento es similar.

**Tabla 14.** Número de encuestados según calificación.

Calificación	Ciclo Completo	FiME	Filtración Directa	Filtración Doble	Desinfección
5	18	25	10	5	8
4	21	17	11	6	11
3	14	13	17	7	15
2	10	10	16	15	17
1	3	1	12	33	15
$\Sigma$	66	66	66	66	66
<b>Promedio</b>	<b>3,62</b>	<b>3,83</b>	<b>2,86</b>	<b>2,02</b>	<b>2,70</b>

$$Promedio\ Ciclo\ Completo = \frac{\sum_{i=1}^5 (Numero\ Encuestados \times Calificacion)}{Total\ Encuestados}$$

$$Promedio\ Ciclo\ Completo = \frac{(18 \times 5) + (21 \times 4) + (14 \times 3) + (10 \times 2) + (3 \times 1)}{66}$$

$$Promedio\ Ciclo\ Completo = 3,62$$

En la Tabla 13, se presentan los valores que toma cada variable según la respectiva tecnología, a partir de esto se asignó la respectiva calificación teniendo en cuenta lo establecido anteriormente.

**Tabla 15.** Valores de cada variable según tecnología.

Criterios de Selección	%	Variables	%	Ciclo Completo	(FiME)	Filtración Directa	Doble Filtración	Sin Tratamiento
1. Características del terreno	10	1.1 Superficie necesaria	100	0.15	0.20	0.15	0.08	0.04
2. Características de la fuente de abastecimiento	10	2.1 Calidad de la Fuente	100	11.90	1.19	1.19	1.19	0.12
3. Capacidad y disponibilidad de pago	20	3.1 Capacidad de pago/Tarifa	50	0.6	1.0	0.8	0.9	8.1
		3.2 Disponibilidad de pago/Tarifa	50	1.2	1.9	1.5	1.7	15.5
4. Disponibilidad de Recursos	20	4.1 Recursos locales	25	SI	SI	SI	SI	NO
		4.2 Requerimiento y Disponibilidad de Reactivos Químicos	30	SI Requiere NO Disponible	SI Requiere NO Disponible	SI Requiere NO Disponible	SI Requiere NO Disponible	SI Requiere NO Disponible
		4.3 Requerimientos de Energía Eléctrica	15	NO	NO	NO	NO	NO
		4.4 Disponibilidad de mano de obra Local	20	Especializada- Empírica	Empírica	Empírica	Empírica	Empírica
		4.5 Necesidad de equipo mecánico	10	SI	NO	NO	NO	NO

Continuación de la Tabla 15

5. Necesidad de obra Civil	5	5.1 Movimientos de tierra	60	SI	SI	SI	SI	SI
		5.2 Necesidad de Equipos	40	SI	SI	SI	SI	SI
6. operación y mantenimiento	10	6.1 Nivel de Educación del personal necesario para la O&M	50	Profesional	Técnico	Técnico	Técnico	Bachiller
		6.2 Frecuencia de Control	30	Quincenal	Mensual	Quincenal	Quincenal	Diariamente
		6.3 Simplicidad de la operación	20	Moderado	Simple	Simple	Simple	Simple
7. Aspectos técnicos	5	7.1 Eficiencia de la tecnología	100	99%	80-100%	80%	90%	0%
8. Impacto ambiental del sistema de tratamiento	10	8.1 Impacto Visual	30	SI	NO	SI	SI	SI
		8.2 Ruido	25	NO	NO	NO	NO	NO
		8.3 Polvo	20	NO	NO	NO	NO	NO
		8.4 Generación de Olores	10	NO	NO	NO	NO	NO
		8.5 Contaminación del suelo	15	SI	SI	SI	SI	NO
9. Aspectos Sociales	10	9.1 Opinión de la Comunidad	100	3.62	3.83	2.86	2.02	2.70

### Cálculo del valor final para cada tecnología en estudio

Ejemplo: Valor final para Tecnología Ciclo completo.

$$\text{Valor parcial} = (\text{Calificacion Tecnologia}) \times (\% \text{Criterio}) \times (\% \text{Variable})$$

$$\text{Valor Final} = \sum_1^n \text{Valor Parcial}$$

**Tabla 16.** Criterios y variables con asignación de valores parciales

Criterios de Selección	%	Variables	%	CC	Valor Parcial
1. Características del terreno	10	1.1 Superficie necesaria	100	5	0.50
2. Características de la fuente de abastecimiento	10	2.1 Calidad de la Fuente	100	5	0.50
3. Capacidad y disponibilidad de pago	20	3.1 Capacidad de pago/Tarifa	50	3	0.30
		3.2 Disponibilidad de pago/Tarifa	50	5	0.50
4. Disponibilidad de Recursos	20	4.1 Recursos locales	2	5	0.25
		4.2 Requerimiento y Disponibilidad de Reactivos Químicos	30	1	0.06
		4.3 Requerimientos de Energía Eléctrica	15	5	0.15
		4.4 Disponibilidad de mano de obra Local	20	3	0.12
		4.5 Necesidad de equipo mecánico	10	1	0.02

Continuación de la Tabla 16

5. Necesidad de obra Civil	5	5.1 Movimientos de tierra	60	1	0.03
		5.2 Necesidad de Equipos	4	1	0.02
6. operación y mantenimiento	10	6.1 Nivel de Educación del personal necesario para la O&M	50	1	0.05
		6.2 Frecuencia de Control	30	3	0.09
		6.3 Simplicidad de la operación	20	3	0.06
7. Aspectos técnicos	5	7.1 Eficiencia de la tecnología	100	5	0.25
8. Impacto ambiental del sistema de tratamiento	10	8.1 Impacto Visual	30	1	0.03
		8.2 Ruido	25	5	0.13
		8.3 Polvo	20	5	0.10
		8.4 Generación de Olores	10	5	0.05
		8.5 Contaminación del suelo	15	1	0.02
9. Aspectos Sociales	10	9.1 Opinión de la Comunidad	100	3.62	0.36

$$\begin{aligned}
 \text{Valor Final} &= 0.50 + 0.50 + 0.30 + 0.50 + 0.25 + 0.06 + 0.15 + 0.12 + 0.02 + 0.03 \\
 &+ 0.02 + 0.05 + 0.09 + 0.06 + 0.25 + 0.03 + 0.13 + 0.10 + 0.05 + 0.02 \\
 &+ 0.36
 \end{aligned}$$

$$\text{Valor Final} = 3.58$$

## 4 CONCLUSIONES

Este proyecto permitió identificar el deficiente sistema con que se trata el agua que es suministrada a los habitantes del municipio de El Playón Santander, por esto se requiere la implementación de un proceso de potabilización óptimo que mejore la calidad de vida de sus habitantes. Es importante que se tomen acciones que permitan la protección de la fuente de abastecimiento y se concientice a la población sobre la importancia del ahorro y uso adecuado del agua potable.

Las tecnologías analizadas en este proyecto fueron: Tecnología de Ciclo Completo o convencional, Filtración en Múltiples Etapas (FiME), Filtración Directa, Filtración Doble y Sin Tratamiento, se identificaron características propias de cada una de las etapas que las conforman así como la factibilidad de implementación en la localidad en estudio, con el fin de estructurar un sistema óptimo en el tratamiento del agua que se brinda a la comunidad cumpliendo los estándares de calidad establecidos por la Norma Colombiana.

Para el proceso de selección se formuló una herramienta compuesta por nueve criterios y veintidós variables e indicadores, ésta facilitó la selección de tecnología de potabilización para el municipio de El Playón Santander, pues implícitamente permitió realizar comparaciones de las tecnologías estudiadas y encontrar la solución más óptima según los requerimientos de la población.

La tecnología seleccionada para el municipio de El Playón Santander fue FiME ya que al comparar se destacó en criterios como el no requerimiento de energía eléctrica, el uso de recursos locales, fue la tecnología de mayor aceptación entre la comunidad, al revisar la eficiencia de remoción cumple y la tarifa es la que más se acerca a la capacidad de pago de los habitantes del municipio de El Playón, también se destaca que esta tecnología de potabilización cumple con las Normas de Calidad en Colombia.

## **5 RECOMENDACIONES**

Se recomienda que al momento de implementar la tecnología en la localidad se ajusten las tarifas, ya que estas fueron calculadas en el programa SelTec y éste fue desarrollado aun cuando en Colombia no regía el modelo tarifario actual.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] UNICEF Colombia – PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN, El Agua Potable y el Saneamiento Básico en Los Planes de Desarrollo. [En Línea] Capítulo 1: El Estado del Agua, El Alcantarillado y Los Residuos Sólidos en Los Municipios. [Citado 13-Julio-2016]. Disponible en Internet: [http://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/descargas/publicaciones/parte3\\_agua.pdf](http://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/descargas/publicaciones/parte3_agua.pdf).

[2] COLOMBIA. CONSEJO MUNICIPAL EL PLAYÓN SANTANDER. Acuerdo 011. (31, mayo, 2016). Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo del municipio de El Playón, Santander “La Obra Continua” para el periodo 2016-2019. El Playón. 2016

[3] ENTREVISTA con Ing. Patricia Mendoza, Asesora de la Unidad de Servicios Públicos, El Playón Santander, 16 de mayo de 2016.

[4] RODRÍGUEZ Henríquez Francisco, Introducción a La Probabilidad, CINVESTAV. 2013. Disponible en internet: <http://delta.cs.cinvestav.mx/~francisco/prope/prope08.html>

[5] GALVIS, Alberto y VARGAS, Viviana. Selección de Tecnología Para el Tratamiento de Agua. Validación del Modelo Conceptual. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia. P. 11.

[6] GUALDRON, Mayra y DIAZ, Lady. Selección de Tecnología Para El Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Villanueva Santander, Quebrada Las Burras. Trabajo de grado Ingeniera Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías FisicoMecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2014. 55 p.

[7] DI BERNARDO, Luiz y SABOGAL Paz, Lyda Patricia. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos. LDiBe Ltda, 2008. 878 p. Volumen 1. ISBN 978-85-62324-00-0.

[8] ANDÍA, Yolanda. Tratamiento del Agua: Coagulación y Floculación, Evaluación de Plantas y desarrollo tecnológico. SEDAPAL. Lima, Perú. 2009. Disponible en internet: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154).

[9] R. Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000, 84 p.

[10] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA PARA LA SALUD, Biblioteca virtual del desarrollo sostenible.

[11] ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría práctica de la purificación del agua. Bogotá D.C. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE COLOMBIA, 2000. 836 p. Edición 3. ISBN: 978-95-84100-15-3.

[12] MALDONADO YACTAYO, Víctor, Tratamiento para el Consumo Humano: Filtración, Capítulo 9., Organización Panamericana De La Salud, Lima, 2004.

[13] SOLSANO, Felipe y MÉNDEZ, Juan Pablo. Desinfección del agua. Lima Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, 2002. 211 p. SAC/4308/S66/038708.

[14] APUNTES DE CLASE de Tatiana Chaparro, Profesora del curso de “Plantas de Tratamiento” de la Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, 2012.

[15] SANCHEZ, Luis Darío; SÁNCHEZ Arlex; GALVIS, Gerardo y LATORRE Jorge, Filtración en Múltiples Etapas, Cali Colombia, Universidad del Valle-Instituto CINARA 2007. 70 p. ISBN: 978-90-6687-061-1.

[16] CASERO, David. Potabilización del Agua, Modulo IV: Abastecimientos y Saneamiento Urbano, Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007-2008, Escuela de negocios.

[17] GALVIS CASTAÑO, Gerardo; LATORRE MONTERO, Jorge y VISSCHER, JanTeun. Filtración en múltiples etapas, tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Cali Colombia. Universidad del Valle-Instituto Cinara 1999.

[18] SMART! Fertilizer Management. [En Línea]. <<http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/chlorine-water-disinfection>> [Citado el 06 de septiembre de 2016].

[19] VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAN, R; RAMAN, A; HEIJNEN, H.A. Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades. Cali Colombia, Universidad del Valle-Instituto CINARA 1992. 163 p. ISBN 90-6687-022-2.

[20] THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER. Filtración Lenta en Arena. [En Línea] [http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009\\_tb/spanish/slow\\_sand\\_filtration\\_DWFSOM143.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf) [Citado el 08 de Septiembre de 2016].

[21] R. Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000, 84 p.

[22] ROJAS CUBIDES, Elena Rocío; Viabilidad de la Filtración Directa de Agua Dulce para Hangares Flotantes, Universidad de La Salle, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogotá D.C, 2010.

[23] DE VARGAS, Lidia, Tratamiento de Agua para Consumo Humano: Plantas de Filtración Rápida, Manual I: Teoría, Tomo I, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente, Lima, 2004.

[24] ZAMORA, A. y PÉREZ, M. Selección de tecnología de sistemas de potabilización de agua. Metodología para la compatibilización entre costos económicos y ambientales. Universidad del Valle, Instituto Cinara. Disponible en internet: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/confe2.pdf>.

[25] MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).

[26] JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN CONSEJERÍA DE SANIDAD. Manual de Tratamientos del Agua de Consumo Humano. España. Disponible en internet: <http://www.saludcastillayleon.es/ciudadanos/es/aguasdeconsumo/manual-tratamientos-agua-consumo-humano>

## BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. CONSEJO MUNICIPAL EL PLAYÓN SANTANDER. Acuerdo 011. (31, mayo, 2016). Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo del municipio de El Playón, Santander “La Obra Continua” para el periodo 2016-2019. El Playón. 2016

DE VARGAS, Lidia, Tratamiento de Agua para Consumo Humano: Plantas de Filtración Rápida, Manual I: Teoría, Tomo I, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente, Lima, 2004.

DI BERNARDO, Luiz y SABOGAL Paz, Lyda Patricia. Seleçõo de Tecnologias de Tratamiento de Água. São Carlos. LDiBe Ltda, 2008. 878 p. Volumen 1. ISBN 978-85-62324-00-0.

ENTREVISTA con Ing. Patricia Mendoza, Asesora de la Unidad de Servicios Públicos, El Playón Santander, 16 de mayo de 2016.

GALVIS, Alberto y VARGAS, Viviana. Selección de Tecnología Para el Tratamiento de Agua. Validación del Modelo Conceptual. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.

GALVIS CASTAÑO, Gerardo; LATORRE MONTERO, Jorge y VISSCHER, JanTeun. Filtración en múltiples etapas, tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Cali Colombia. Universidad del Valle-Instituto Cinara 1999.

GUALDRON, Mayra y DIAZ, Lady. Selección de Tecnología Para El Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Villanueva Santander, Quebrada Las Burras. Trabajo de grado Ingeniera Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de

Santander. Facultad de Ingenierías FisicoMecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2014.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).

R. Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000.

SANCHEZ, Luis Darío; SÁNCHEZ Arlex; GALVIS, Gerardo y LATORRE Jorge, Filtración en Múltiples Etapas, Cali Colombia, Universidad del Valle-Instituto CINARA 2007. ISBN: 978-90-6687-061-1.

VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAN, R; RAMAN, A; HEIJNEN, H.A. Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades. Cali Colombia, Universidad del Valle-Instituto CINARA 1992. ISBN 90-6687-022-2.

## ANEXOS

### ANEXO A: GUIA DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

#### SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER

Autores: Lorena Andrea Ortega Aguillón      Director: Ing. Msc. PhD Ricardo Oviedo  
Marlon Andrés Sierra Rodríguez

1. En qué año se fundó el acueducto.
2. El acueducto ha operado continuamente desde el año de su fundación.
3. De que fuente(s) es captada el agua que abastece el acueducto.
4. Cuál es la cantidad de agua captada en la fuente receptora (l/s).
5. El acueducto cuenta con una planta para la potabilización del agua
6. De qué procesos se conforma el sistema de potabilización del agua.
7. Cuantas horas funciona la planta actualmente.
8. Que manejo se le da al agua para su potabilización.
9. Cuál es la población actual que abastece el acueducto.
10. Con cuántos suscriptores cuenta el acueducto actualmente.
11. Como está conformada la red de distribución del acueducto actualmente.
12. Cuáles son los estratos socioeconómicos de la comunidad abastecida.
13. Qué tipo de actividades económicas hay en el sector que abastece el acueducto
14. Los funcionarios del acueducto han recibido o reciben capacitaciones acordes al manejo del mismo o temas relacionados. Cuales.
15. Cuál es el número de personas que están a cargo de la administración del acueducto. Existe Organigrama?
16. Cada cuanto se reúnen las personas a cargo del acueducto.
17. Se realizan reuniones informativas a la comunidad y cada cuánto.

18. La comunidad participa activamente de las reuniones igual que en la toma de decisiones.
19. Las personas a cargo del acueducto acuden a las reuniones realizadas por el municipio y entidades gubernamentales competentes.
20. Quien realiza el análisis de la calidad de agua del acueducto y la fuente de abastecimiento.
21. Se llevan registros de los resultados del análisis de calidad de agua.
22. Quien suministra el cloro requerido por el acueducto para la potabilización del agua.
23. El acueducto posee estatutos.
24. El acueducto esta actualizado en cuanto a normatividad.
25. Se realiza alguna restricción en cuanto al uso del agua para alguna actividad?
26. Si se realiza alguna restricción, en qué documento está ésta establecida
- 27.Cuál es la tarifa establecida por el acueducto a los suscriptores para la prestación del servicio de agua potable
28. Se utiliza factura en el cobro de las tarifas u otro método, cuál
29. De qué manera se recauda el dinero proveniente del cobro de tarifa a los suscriptores
30. La tarifa se establece de acuerdo al estrato socioeconómico o es igual para todos los estratos
31. Existe algún tipo de subsidio para algún estrato o familia en particular, especifique
32. El acueducto cuenta con un ingreso diferente al proveniente por cobro de tarifas (Municipio u otra entidad pública o privada)
- 33.Cuál es el ingreso mensual que recibe el acueducto
34. Se ha realizado algún tipo de reparación al sistema de acueducto, cuál
35. Poseen medidores de agua y como se manejan (revisión y distribución).
36. Se ha realizado sensibilización en cuanto a fugas de agua u otro tipo de educación ambiental.
37. Conocimiento de conexiones fraudulentas.

**ANEXO B: ESQUEMA DE VISITA TÉCNICA A LOS COMPONENTES DEL  
ACUEDUCTO MUNICIPAL DEL PLAYÓN SANTANDER**

			OBSERVACIONES
FUENTE	cantidad de agua meteórica	disponibilidad hídrica	
		déficit hídrico	
		índice estandarizado de precipitación	
	cantidad de agua superficial	eficiencia de conducción externa	
		tiempos de entrega y frecuencia	
	cálida del agua	Turbiedad	
		Arsénico	
		Coliformes	
		pH	
		Amonio	
		Calidad del agua	
	Vegetación y usos alrededor de la fuente	indicador de presiones de usos: agrícolas y/o ganaderos	

			OBSERVACIONES
BOCATOMA	Estado de la estructura	Soleras	
		Muros laterales	
		Canal colector	
		Rejilla	
		Cámara de recolección	
	Tipo de bocatoma	Bocatoma directa	
		Bocatoma de captación lateral	
	funciones adicionales de una bocatoma	Reparto de aguas	
		medición de caudales	
		puente	
		recreación	

			OBSERVACIONES
CONDUCCIÓN	Estructura	Estado de la Tubería	
		Material de la tubería	
		diámetro	
		Tipo de falla en la aducción	
		Tipo y número de cruces que se presentan (vías, fuentes superficiales, humedales, etc.).	
		Profundidad de instalación	
		Número y tipo de válvulas	
		Posibles fuentes de contaminación del agua	
		Requerimientos del bombeo (sí aplica)	
	Suelo	Pendiente del terreno	
		tipo de vegetación	
		presencia de animales	

			OBSERVACIONES
DESARENADOR	Tipo de desarenador	Convencional	
		De flujo vertical	
		De flujo inducido	
	estado de la estructura	canal de llegada	
		transición	
		pantallas	
		zona de sedimentación	
		zona de salida	
		vertederos	

			OBSERVACIONES
CONDUCCION	Estructura	Estado de la Tubería	
		distribución por gravedad	
		Material de la tubería	
		Diámetro comercial	
		Velocidad de flujo	
		Tipo de falla en la conducción	
		Tipo y número de cruces que se presentan (vías, fuentes superficiales, humedales, etc.).	
		Profundidad de instalación	
		Número y tipo de válvulas	
		Posibles fuentes de contaminación del agua	
	Requerimientos del bombeo (sí aplica)		
	Suelo	Pendiente del terreno	
		tipo de vegetación	
presencia de animales			

			OBSERVACIONES
PTAP	Tipo de PTAP	Planta convencional	
		Planta compacta	
	Estructura	Geometría	
		Cámara de mezcla	
		Decantador	
		Filtro	
		desinfección	
		Deposito	
	Funcionamiento	Frecuencia de lavado	
		Procesos de potabilización	
		Sistemas de acceso	
		Conexiones	
		Estado externo del fondo del tanque	
	Características	Caudal de planta	
		Manual de operaciones y mantenimiento	
Calibración del dosificador			

			OBSERVACIONES
REDES DE DISTRIBUCION DOMICILIARIA	Estructura	Estado de la Tubería	
		distribución por gravedad	
		Material de la tubería	
		Diámetro comercial	
		Tipo de falla en la distribución	
		Número y tipo de válvulas	
		Estado de las rejillas	
		Cajas y cámaras de derivación	
	Sistema de distribución	tuberías matrices de alimentación	
		tuberías primarias de distribución	
		tuberías secundarias	
	Operación	Estancamiento	
		vida útil	
		Facilidad de mantenimiento	

**ANEXO C: FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS HABITANTES DEL  
MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER**

**1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO.**

-Nombre: \_\_\_\_\_

-Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: F M

-Ocupación: \_\_\_\_\_

-Dirección: \_\_\_\_\_ Barrio: \_\_\_\_\_

**2. INFORMACIÓN SOCIO ECONÓMICA**

-Estrato: \_\_\_\_\_ Su vivienda es: En Arriendo Propia

-Área aproximada de su residencia: \_\_\_\_\_ [m2]

-N° de Personas en su residencia: \_\_\_\_\_

-N° de personas que viven en su residencia dependiendo la edad. (Incluido el encuestado):

0 - 5 Años	5 - 18 Años	18 - 30 Años	30 - 60 Años	60 años en adelante

-N° de Personas según su nivel de educación. (Incluido el encuestado):

Ninguno	Primaria	Bachillerato	Técnico	Tecnólogo	Profesional	Doctorado	Otros

**3. ASPECTOS DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO:**

-¿Tiene suministro de agua potable?: \_\_\_Si \_\_\_NO

-¿Cuánto tiempo tiene suministro de agua potable?:

24 Horas	2 Horas	mañana	Medio día	tarde	Noche	Otros

-¿Cuántos días a la semana?: \_\_\_\_\_ días.

-¿Cómo califica la calidad del Agua?

Bueno\_\_\_ Regular\_\_\_ Malo\_\_\_

¿Por qué?

---

-Los niveles de turbidez al llegar el agua son: Alto\_\_\_ Medio\_\_\_  
Bajo\_\_\_

-¿El Agua presenta coloración?: \_\_\_Siempre \_\_\_Alguna veces  
\_\_\_Nunca

-¿El sabor del Agua presenta sabor?: \_\_\_Siempre \_\_\_Alguna veces  
\_\_\_Nunca

-Llega a su vivienda factura para el cobro del servicio de agua: \_\_\_SI \_\_\_  
NO

#### 4. ASPECTOS A TENER EN CUENTA COMO USUARIO

-¿Paga por el servicio del Agua?: SI\_\_\_ NO\_\_\_

-¿Cuánto paga Mensualmente por el servicio del Agua?: \$7.000\_\_\_ \$8.850\_\_\_  
\$11.500\_\_\_ \$15.650\_\_\_ Otro\_\_\_\_\_

-¿Cuándo fue la última vez que cancelo su futura por el servicio del Agua?:  
\_\_\_este mes \_\_\_hace 2 meses \_\_\_hace 3 meses \_\_\_hace más de 3  
meses \_\_\_hace más de 6 meses \_\_\_Más de un año

-¿Ha participado en alguna reunión organizado por el Acueducto?: Sí\_\_\_ No\_\_\_

-¿Sabe usted a quien dirigirse en caso de daño o deterioro de las redes de  
abastecimiento de agua? Sí\_\_\_ No\_\_\_

-¿Se ha realizado educación ambiental referente a temas relacionados con la  
prestación del servicio de agua potable?: Sí\_\_\_ No\_\_\_

#### 5. ASPECTOS TÉCNICOS

-¿Existen medidores en su vivienda?: Sí\_\_\_ No\_\_\_

Si es así, ¿hace cuánto lo tiene?:\_\_\_\_\_

-¿Cuál es el estado de su medidor?: Bueno\_\_\_ Regular\_\_\_ Malo\_\_\_

-¿Tiene usted problemas de presión de Agua en su casa?:

Sí\_\_\_ No\_\_\_ ¿Cuáles?\_\_\_\_\_

## 6. PERCEPCIÓN DEL SERVICIO COMO USUARIO

-¿Cuál es su calificación del servicio de Agua Potable en el municipio (siendo 1 Pésimo y 5 Excelente)?

1\_\_\_ 2\_\_\_ 3\_\_\_ 4\_\_\_ 5\_\_\_

¿Por qué?\_\_\_\_\_

-¿Considera que la calidad de agua en los últimos años?:

Empeoró\_\_\_ Mejoró\_\_\_ Constante\_\_\_ No Sabe\_\_\_

¿Por qué?\_\_\_\_\_

-¿Qué tipo de actividades considera se deben realizar para conservar el agua?:

Protección de fuentes\_\_\_\_\_ Sobre ahorro y uso \_\_\_\_\_

Tratamiento agua residuales \_\_\_\_\_ Uso Aguas lluvia\_\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_\_

-¿Qué opina del Valor que paga por el servicio?:

Excesivo\_\_\_ Lo justo\_\_\_ Poco\_\_\_

¿Por qué?\_\_\_\_\_

-¿En su casa se han presentado enfermedades por consumo de agua?:

Sí \_\_\_ No\_\_\_ ¿Qué enfermedades?\_\_\_\_\_

-¿Almacena agua en su casa?: Sí\_\_\_ No\_\_\_

-Si almacena Agua, ¿Qué cantidad almacena?:\_\_\_\_\_ [m3]

-¿Hierve el agua en su casa?: Sí\_\_\_ No \_\_\_

-¿Qué uso le da al agua?:

Cocina\_\_\_ Lavado\_\_\_ Riego\_\_\_ Fisiológica\_\_\_ otra \_\_\_\_\_

-¿Sabe de alguna actividad para la cual el uso del agua sea restringido en el Municipio?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

¿Cuál?:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

-¿En su casa se fomenta la cultura del ahorro de agua?: Sí\_\_\_ No\_\_\_

¿Cómo?

\_\_\_\_\_

**ANEXO D: FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER. CAPACIDAD Y DISPOIBILIDAD DE PAGO.**

FECHA		ENCUESTADOR	
-------	--	-------------	--

**1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO.**

-Nombre: \_\_\_\_\_

-Edad: \_\_\_\_\_ Sexo:  F  M

-Ocupación: \_\_\_\_\_

-Dirección: \_\_\_\_\_ Barrio: \_\_\_\_\_

-Califique de 1 a 5 las siguientes tecnologías según los criterios discutidos. (*Deberá asignar 5 a la que considere más conveniente implementar en el municipio, y 1 a la que considere que no es factible implementar*)

Ciclo Completo	FiME	Filtración Directa	Doble Filtración	Desinfección

-Monto de ingresos mensuales del núcleo familiar:

Menos de \$400.000	Entre 400.000 y un SMMLV	SMMLV	Entre SMMLV y \$700.000	Más de \$700.000

-Cuanto estaría dispuesto a pagar mensualmente si se implementa un proceso de potabilización de agua en el municipio.

## ANEXO E: FOLLETO INFORMATIVO SOBRE LAS OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

### DOBLE FILTRACIÓN



- Este proceso realiza procesos de coagulación y filtración ascendente, descendente, lo que le da una gran capacidad de retener sólidos suspendidos en aguas con alta turbidez.

- Los filtros para esta planta pueden estar conjugados (los dos ocupando la misma unidad) o físicamente separados, permitiendo un ahorro de espacio.

### DESINFECCIÓN



-Es efectivo, de fácil aplicación, y fácilmente medible.

- Deja un efecto residual que protege el agua de una posterior contaminación en la red de distribución.

- Es un sistema común

- Requiere poco tiempo para realizar el proceso

- Producto comercial de fácil acceso

- Fácil dosificación

- Económico

- Destruye los organismos patógenos del agua en condiciones ambientales y en un tiempo corto.

- Fácil almacenamiento

### SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PLAYÓN SANTANDER

Universidad Industrial de Santander



Lorena Andrea Ortega Aguillón  
Marlon Andrés Sierra Rodríguez  
Autores

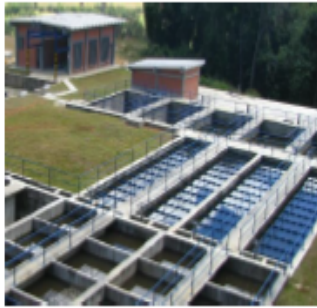
Ing. Edgar Ricardo Oviedo  
Director

Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Civil  
Bucaramanga  
2016



Activar Wi-Fi  
Ir a Configuración

### CICLO COMPLETO



-En este tipo de planta de tratamiento, sus procesos ocurren en estructuras diferentes, es decir, está conformada por canales, floculadores, sedimentadores y filtros.

- Las plantas de ciclo completo, tienen la ventaja de ser robustas, su procedimiento de operación son conocidos, manejando la variación de turbiedad y color de entrada dentro de ciertos límites.

- Las unidades son ideales para caudales pequeños, teniendo en cuenta su facilidad de construcción, aunque pueden ser aptos para grandes caudales, si estos se diseñan correctamente.

### FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME)



- No utilización de Químicos, equipos o materiales importados.

- Bajo costo de operación y mantenimiento.

-Producción de agua de buena calidad.

-Fácil administración operación y mantenimiento.

- No requiere equipos y/o materiales importados

- Los casos de estudio muestran que la tarifa nunca excedió el 4% de los ingresos familiares.

- Tecnología económica en términos de costos ambientales y financieros.

### FILTRACIÓN DIRECTA



- La inversión inicial es menor (reducción del 30 a 70%)

- El consumo de energía eléctrica y de productos químicos (coagulantes y/o alcalinizante) es inferior

- El volumen de residuos generados es bajo

- La tecnología facilita el tratamiento del agua con turbidez baja.

- El tratamiento debe ser monitoreado continuamente, considerando que el tiempo de decantación del agua en el sistema es relativamente corto para que un operador perciba cualquier cambio en la filtración y la calidad del agua

-La tecnología puede presentar paralizaciones temporales debido a errores de dosificación de productos químicos.

Activar Wi  
Ir a Configura