



EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y PLAN DE CONTINGENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR

AUTORES:

LEYDER ESTEBAN CHIQUILLO DITA:

C.C. 1.065.841.154

VICTOR ALFONSO PALMA PADILLA:

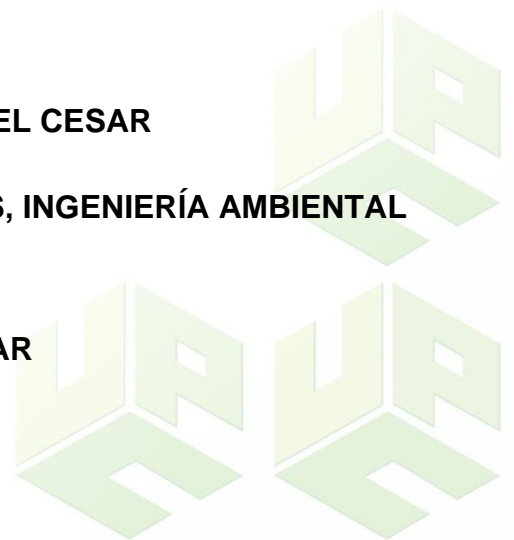
C.C. 1.131.111.185

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLÓGICAS, INGENIERÍA AMBIENTAL
SANITARIA**

VALLEDUPAR-CESAR

2020





**EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y PLAN DE CONTINGENCIA DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR**

LEYDER ESTEBAN CHIQUILLO DITA:

C.C. 1.065.841.154

VICTOR ALFONSO PALMA PADILLA:

C.C. 1.131.111.185

**PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO.

DIRECTOR (A): ANGELICA VANEGAS PADILLA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLÓGICAS, INGENIERÍA AMBIENTAL
SANITARIA**
VALLEDUPAR-CESAR

2020

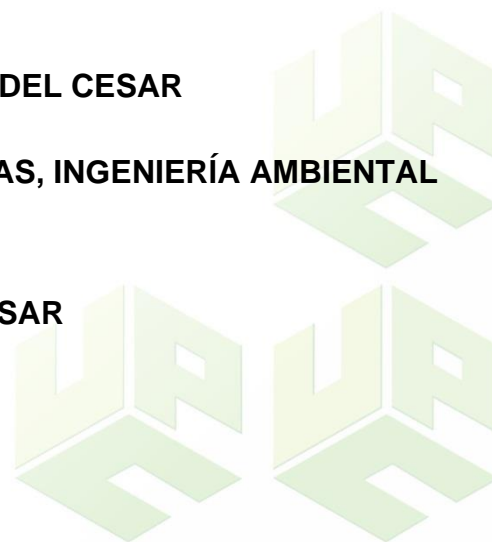




TABLA DE CONTENIDO

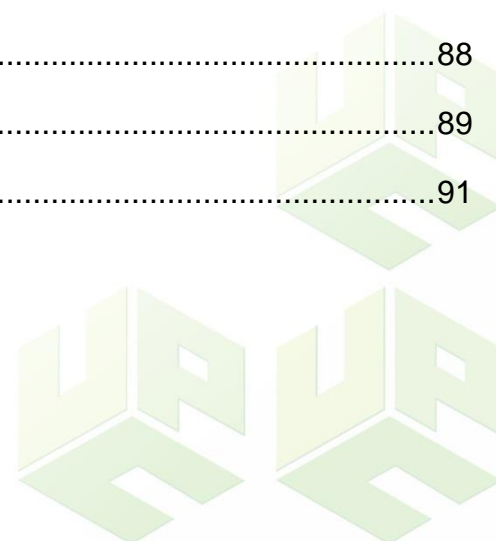
introducción.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	5
3. OBJETIVOS.....	7
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. MARCO REFERENCIAL.....	8
4.1. Antecedentes de la investigación.....	8
4.2. MARCO TEÓRICO.....	17
4.2.1. Evaluación del proceso de coagulación.....	18
4.2.2. Evaluación de la mezcla rápida.....	18
4.2.3. Evaluación de los floculadores.....	18
4.2.4. Evaluación de sedimentadores.....	19
4.2.5. Evaluación de las baterías de filtros.....	20
4.2.6. Evaluación del sistema de cloración.....	20
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	22
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	32
4.4.1. Generalidades de LA EMPRESA ENCARGADA DEL ACUEDUCTO. ...	32
4.4.2. ubicación DE LAS PTAPs DE INTERES.....	33
4.5. MARCO LEGAL.....	35



5. MARCO METODOLÓGICO.....	37
5.1 LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.	37
5.1. TIPO DE INVESTIGACION.	37
5.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	37
5.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO.	38
5.4. MUESTRA POBLACIONAL.	38
5.5. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	38
5.5.1. Etapa I: Realización del diagnóstico de los componentes del sistema de acueducto de la cabecera del municipio de Becerril – Cesar.	39
5.5.2. Etapa II, Efectuar la evaluación hidráulica de los componentes que integran el sistema de acueducto hasta las plantas de tratamiento.....	40
5.5.3. Etapa III, Plantear y determinar las medidas necesarias para la optimización de las plantas de tratamiento, de tal manera que puedan conllevar a la prestación de un servicio eficiente, continuo de buena calidad, tal como lo establece el Artículo 5 de la Ley 142 de 1994.	43
5.5.4. Etapa IV, Formular el Plan de contingencia de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017.....	44
6. procesamiento y analisis de informacion	46
6.1. Etapa I: Realización del diagnóstico de los componentes del sistema de acueducto de la cabecera del municipio de Becerril – Cesar.....	46
6.1.1. Diagnóstico de las condiciones actuales.....	46
6.2. Etapa II, Efectuar la evaluación hidráulica de los componentes que integran el sistema de acueducto hasta las plantas de tratamiento	60
6.2.1. Proceso de coagulación y mezcla rápida.....	60



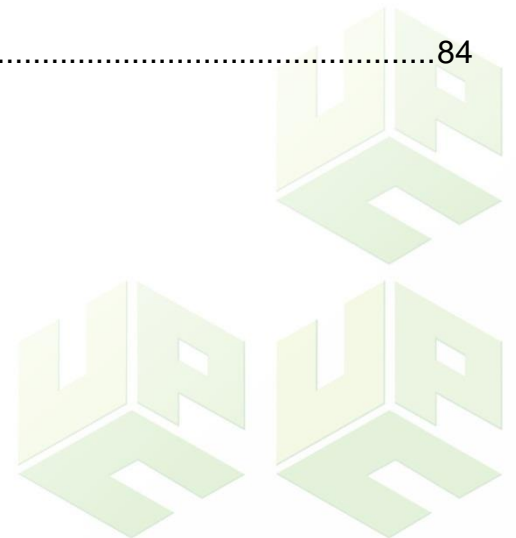
6.2.2. Proceso de floculación	67
6.2.3. Proceso de sedimentación	71
6.2.4. Proceso de Filtración.....	75
6.2.5. Proceso de desinfección	77
6.3. Etapa III, Plantear y determinar las medidas necesarias para la optimización de las plantas de tratamiento, de tal manera que puedan conllevar a la prestación de un servicio eficiente, continuo de buena calidad, tal como lo establece el Artículo 5 de la Ley 142 de 1994.....	78
6.3.1. Proceso de Coagulación-Mezcla rápida.....	78
6.3.2. Proceso de Floculación	79
6.3.3. Proceso de sedimentación	79
6.3.4. Proceso de filtración.....	80
6.3.5. Proceso de desinfección	80
6.4. Etapa IV, Formular el Plan de contingencia de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017.	80
7. CRONOGRAMA.	81
8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	84
9. conclusiones	86
10. recomendaciones.....	88
Bibliografía.....	89
ANEXOS	91





LISTA DE TABLAS.

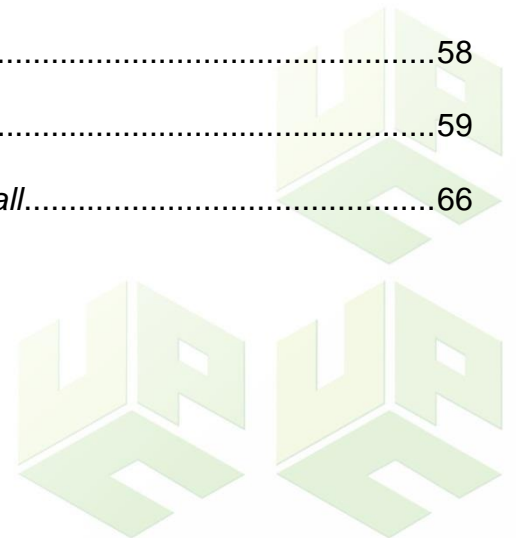
	Pág.
<i>Tabla 1. Antecedentes de la investigación.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Marco de referencias legales.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3 Información General del Prestador.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 4 Valores de K y m.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 5 Dimensiones estandarizadas de los medidores Parshall.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 6 Parámetros Floculadores PTAP 1.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 7 Parámetros Floculadores PTAP 2.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 8 Parámetros Sedimentador PTAP 1.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 9 Parámetros Sedimentador PTAP 2.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 10 Parámetros filtración PTAP 1.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 11 Parámetros filtración PTAP 2.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 12 Características del lecho filtrante.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 13 Parámetros Desinfección.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 15. Cronograma del proyecto.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 16. Presupuesto del proyecto.....</i>	<i>84</i>





LISTA DE ILUSTRACIONES.

	Pág.
<i>Ilustración 1. Ubicación de la empresa "EMBECCERRIL".</i>	33
<i>Ilustración 2. Ubicación PTAPs.</i>	34
<i>Ilustración 3 Bocatoma Socomba</i>	48
<i>Ilustración 4 Rejilla lateral Bocatoma Maracas</i>	48
<i>Ilustración 5 Laboratorio</i>	49
<i>Ilustración 6 Canaleta Parshall</i>	50
<i>Ilustración 7 Proceso de coagulación</i>	51
<i>Ilustración 8 Proceso de Floculación PTAP 1</i>	52
<i>Ilustración 9 Floculador PTAP 1</i>	53
<i>Ilustración 10 Sedimentadores PTAP 1</i>	53
<i>Ilustración 11 Proceso de Filtración PTAP 1</i>	54
<i>Ilustración 12 Floculadores PTAP 2</i>	55
<i>Ilustración 13 Sedimentador PTAP 2</i>	56
<i>Ilustración 14 Filtros PTAP 2</i>	57
<i>Ilustración 15 Proceso de desinfección</i>	58
<i>Ilustración 16 PTAP 3</i>	59
<i>Ilustración 17 Perdidas de Carga Canaleta Parshall</i>	66





INTRODUCCION

El agua es uno de los recursos naturales de mayor importancia, este es el responsable de la mayoría de las actividades en el desarrollo humano, por lo tanto, es de gran importancia su cuidado y protección; siendo por lo tanto responsabilidad del estado velar por el cumplimiento de este y brindar un adecuado servicio a la comunidad.

Actualmente el gran crecimiento poblacional, económico y tecnológico ha traído consigo un aumento considerable, con respecto a la demanda de estos servicios básicos, tales como agua potable, lo que genera que muchas de estas unidades de tratamiento no cuenten con la capacidad necesaria, por lo tanto, es necesario generar diferentes estrategias para identificar el correcto funcionamiento de todos estos procesos.

Teniendo en cuenta lo anterior y expuesto en el Artículo 5 de la Ley 142 de 1994, esta investigación busca formular acciones correctivas en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) para el municipio de Becerril en el departamento del Cesar, donde, primeramente, se hizo una identificación de las condiciones técnicas de funcionamiento en la PTAP, luego se realizó una evaluación del comportamiento hidráulico de las unidades de manejo, con el desarrollo de sus estrategias correctivas y finalmente el desarrollo de un Plan de Gestión de Riesgo del Desastre.

Mediante lo descrito anteriormente se busca garantizar el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo con lo expuesto en la Resolución 0330 de 2017, que finalmente permita brindar un excelente servicio a la comunidad.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A nivel mundial y sobre todo a nivel nacional el agua no tratada es un problema evidente, el cual con ayuda de las nuevas tecnologías para el tratado de agua se han venido mitigando estos impactos, pero se necesitan PTAP en óptimas condiciones que garanticen buenos resultados en cuanto a la descontaminación de las aguas, debido a que estas provienen de ríos que por lo general antes de llegar al punto de captación han sido contaminadas por cultivos y algún otro uso humano.

El departamento del cesar, cuenta con 25 municipios de los cuales solo 10 suministran a sus habitantes agua apta para el consumo, según un informe de la secretaria de salud departamental sobre el IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad de Agua), entre los otros 15 municipios se encuentra Becerril cesar, el cual, está catalogado con un agua suministrada a la población inviable sanitariamente con un puntaje de 100, lo cual nos indica que esta puede ocasionar enfermedades diarreicas, cólera, fiebre tifoidea y hepatitis A, entre otras afecciones (PILON, 2016).

La fuente de abastecimiento del acueducto de la cabecera del municipio de Becerril – Cesar es el rio Maracas, para la PTAP No. 1 y 2, y el rio Socomba el cual abastece a la PTAP No. 3. La calidad del agua con base en los estudios realizados por la empresa prestadora de servicios EMBECERRIL es aceptable en cuanto al rio Maracas y el rio Socomba presenta mejor calidad, en cuanto a los niveles de turbiedad y demás parámetros, se debe tener en cuenta el caudal, debido a que este es sensible en los periodos de verano, en los cuales el caudal disminuye un poco.

La fuente está localizada a aproximadamente 20 minutos por vía sin pavimentar en dirección oriental, pasando en este recorrido, por la planta de tratamiento. Se determinan buenas características generales de caudal, según lo establecido en los estudios realizados por el ministerio de salud, en cuanto a la calidad del agua, la



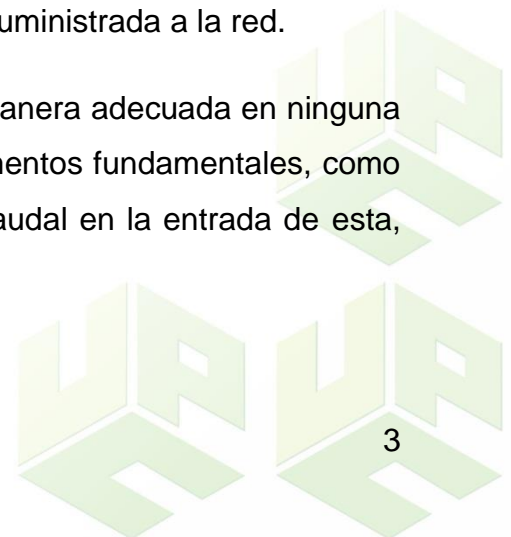
cuenca presenta gran cantidad de vegetación nativa, la cual es un buen soporte para la sostenibilidad hídrica de esta y se encuentra alejada del casco urbano para la zona de captación (Consultor, 2017).

Como previamente se mencionó, las PTAPs no cuentan con un buen tratamiento del agua, debido a que los procesos unitarios que se dan no se están realizando de una manera adecuada, tenemos tres plantas de tratamiento de agua potable de las cuales la primera fue diseñada en el año 1981 y cuenta con dos módulos con capacidad nominal de 15 l/s cada uno para un total de capacidad de 30 l/s, la segunda PTAP fue diseñada en el año 1994 y cuenta con un solo módulo, con una capacidad de 40 l/s.

Estas PTAPs se abastecen del río Maracas y cuentan con todos los componentes normales necesarios para el buen tratamiento del agua, como lo son la coagulación, mezcla rápida con una canaleta parshall, floculación, sedimentación mediante placas inclinadas y cinco filtros de filtración rápida.

La PTAP 1 y 2 se encuentran de forma paralela y se unen justo al momento de aplicar la cloración y pasan directamente a la red de distribución, por otro lado, la tercera PTAP fue construida en el año 2015, es independiente de las otras dos y cuenta con todos sus componentes, realizando la mezcla rápida con un perfil creager, cuenta con un tanque de contacto donde se aplica el cloro y posteriormente pasa a un tanque de almacenamiento para luego ser suministrada a la red.

El tratamiento del agua no se está haciendo de una manera adecuada en ninguna de las PTAPs, debido a la inutilización de ciertos elementos fundamentales, como lo son la canaleta de Parshall para la medición del caudal en la entrada de esta, entre otros.





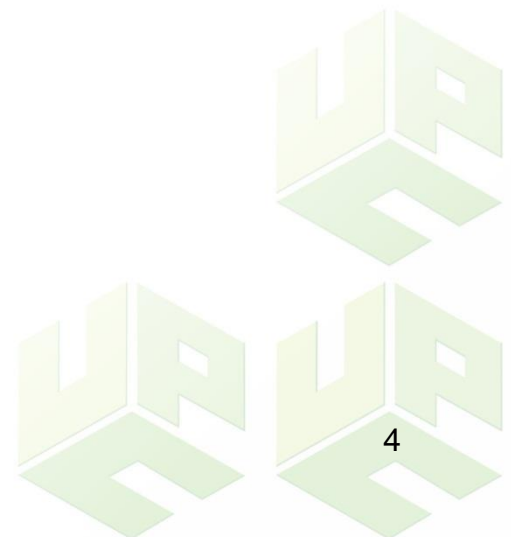
La empresa prestadora del servicio no cumple con los requisitos necesarios para la potabilización del agua y tampoco con un plan de contingencia, el cual es necesario para contrarrestar cualquier suceso repentino que pueda afectar la calidad del acueducto, los cuales pueden ser cambios repentinos de la calidad de la fuente de abastecimiento, daños de algunos componentes mecánicos para la mezcla rápida o en la parte de la desinfección, o cualquier otro percance que afecte la conducción o la distribución en la red.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué deficiencias presentan las PTAPs de la cabecera del municipio de Becerril – Cesar y cuáles son las medidas preventivas necesarias que deben tomarse para garantizar el buen funcionamiento de esta?

1.2. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

- ¿Qué falencias están presentes en los procesos unitarios de las plantas?
- ¿Cómo influye la eficiencia de un proceso en otro?
- ¿En qué magnitud es afectada la calidad del agua?
- ¿Cuál es el riesgo para la salud humana?





2. JUSTIFICACIÓN.

El municipio de Becerril del Campo Cesar, el cual cuenta con tres plantas de tratamiento de agua potable, se ve en la necesidad de realizar una evaluación hidráulica de sus procesos unitarios y formular un plan de contingencia para todos los componentes del acueducto, con el objetivo de buscar la optimización de esta, indicando en que puntos la planta presenta y puede llegar a presentar alguna deficiencia.

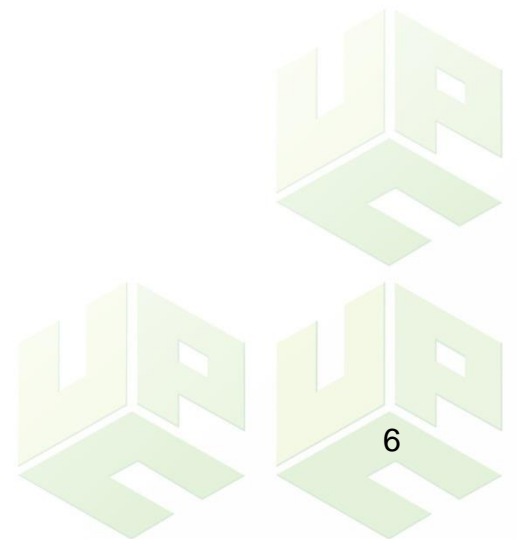
Como bien sabemos el agua es base fundamental para la vida, por lo que la potabilización de esta debe estar garantizada, debido a que la población requiere una mejor calidad, la cual solo se verá alcanzada cuando la empresa prestadora del servicio presente mejores resultados en cuanto al agua potable generada, esto ha de ser necesario para el buen desarrollo del hombre en la sociedad garantizando una mejor salud física, evitando los perjuicios que pueden ser ocasionados por cualquier entidad patógena y compuestos físicos y químicos presentes en el cuerpo de agua.

La optimización de las plantas de tratamientos de agua potable se ve requerida debido a que estas obras presentan una vida útil, la cual a medida que el tiempo pasa va perdiendo la capacidad de abastecimiento a la población en continuo crecimiento y que adicionalmente existan continuas amenazas de origen natural o antropogénico, por lo que se ve necesario implementar un plan de contingencia en el acueducto, para así estar prevenidos de posibles aberraciones generadas por la fuente de abastecimiento o la falla de algún mecanismo fundamental en el buen funcionamiento de este.

Gracias al conocimiento proporcionado por la ingeniería ambiental y sanitaria, se busca plantear alternativas, mediante distintas metodologías que fomenten la implementación de mejores procesos en cuanto al tratado del agua potable, garantizando un mejoramiento del servicio de la cabecera del municipio, mediante



procedimientos técnicos y pruebas de laboratorio que harán más efectivos los resultados esperados, con lo cual se indica que en el desarrollo de este proyecto se perseguirá la idea de proporcionar agua de óptima calidad, garantizando una evolución en cuanto a la confiabilidad de este hacia los habitantes del municipio.





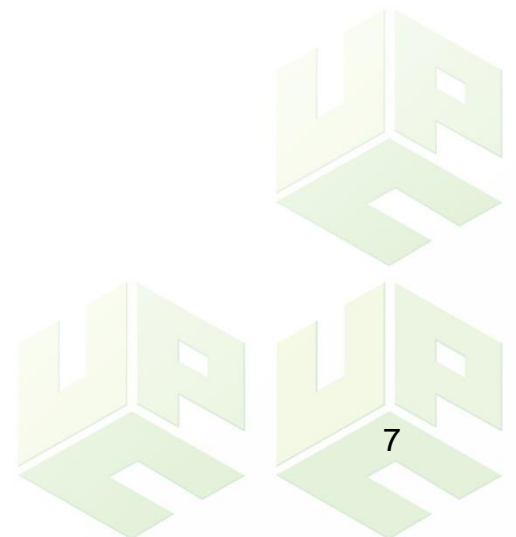
3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar el funcionamiento hidráulico de las plantas de tratamiento No. 1 y 2 y formular el plan de contingencia para el sistema de acueducto de la cabecera del municipio de Becerril del Campo - Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar el diagnóstico de los componentes del sistema de acueducto (Captación, canaleta parshall, floculadores, sedimentadores, filtros y tanque de contacto).
- Efectuar la evaluación hidráulica de los componentes que integran el sistema de acueducto hasta las plantas de tratamiento.
- Plantear y determinar las medidas necesarias para la optimización de las plantas de tratamiento, de tal manera que puedan conllevar a la prestación de un servicio eficiente, continuo de buena calidad, tal como lo establece el Artículo 5 de la Ley 142 de 1994.
- Formular el Plan de contingencia de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017.





4. MARCO REFERENCIAL.

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Tabla 1. Antecedentes de la investigación.

TÍTULO.	EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TOGÜÍ – BOYACÁ.
AUTORES.	María Fernanda Higuera Cabrejo y Julián Andrés Parra Buitrago
AÑO.	2018
OBJETIVO.	Realizar el diagnóstico operativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Togüí – Boyacá.
METODOLOGÍA.	La metodología que se utiliza en esta investigación es evaluativa, el objeto de este tipo de investigación es medir los resultados de un sistema de tratamiento de agua potable de acuerdo a los objetivos propuestos para el mismo, con el fin de tomar decisiones sobre su Proyección y programación para un futuro.
RESULTADOS.	Se verificó el funcionamiento de las estructuras de la PTAP, destacando el proceso de mezcla rápida por canaleta Parshall y mezcla lenta por floculador hidráulico de flujo vertical cumplen con el gradiente hidráulico,



		mayor a $1000s^{-1}$ y menor a $100s^{-1}$ respectivamente. El sedimentador de alta tasa con placas angostas cumple con una carga superficial de $177m^3 /m^2 /d$, este dato se establece en el rango ($120 - 185m^3 /m^2 /d$) según la resolución 0330 de 2017, demostrando que fue acertado el diseño de estas estructuras.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	Y	La PTAP podría mejorar su capacidad de tratamiento de agua para abastecer a más población por lo tanto se recomienda adecuar el filtro dinámico y el manejo de lodos, de esta manera la planta podrá proveer agua potable a la demanda del municipio y aumentar el periodo de diseño hasta el año 2044. Si la población incrementara a más de 1050 habitantes, es necesario realizar las adecuaciones pertinentes para que su rendimiento este dentro de los parámetros establecidos en la resolución 0330 del 2017.

TÍTULO.	EVALUACION Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TENA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA
AUTORES.	Wendy Tatiana Díaz Bautista
AÑO.	2017



OBJETIVO.	Evaluar técnicamente la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del municipio de Tena - Cundinamarca para su posterior optimización.
METODOLOGÍA.	La metodología establecida es de tipo evaluativa, haciendo uso de la recopilación de información, mediante la visita a la PTAP, el análisis de la información recolectada y la elaboración de alternativas con las respectivas descripciones.
RESULTADOS.	<ul style="list-style-type: none">• A través del diagnóstico técnico e hidráulico del estado actual de la PTAP, evaluación de características del afluente y efluente se identificaron los aspectos técnicos que presenta la PTAP del municipio de Tena – Cundinamarca.• De acuerdo a los resultados obtenidos con las pruebas realizadas en campo, laboratorio y visitas técnicas se elaboró tres alternativas de optimización que contribuyen con el buen funcionamiento de la planta, con una mejor calidad de agua y con un mejor aprovechamiento del recurso; estas son:<ul style="list-style-type: none">a. Diseño unidad de floculación.b. Porcentaje de pérdidas técnicas.c. Modificación difusor de cloro.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	<ol style="list-style-type: none">1. Realizar mantenimiento periódico de acuerdo a la guía manual de operación que realizo el consorcio acueductos y alcantarillados para Cundinamarca.2. Capacitar un operario que realice control de calidad.3. Realizar mantenimiento a las unidades de la planta potabilizadora, como resanes y limpiezas.4. Verificar capacidad de carga de los filtros para verificar que estos no se saturen y generen turbiedad o se realicen el proceso de lavado cuando no es necesario aumentando innecesariamente las pérdidas de la planta.
--	---

TÍTULO.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GUATEQUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ-COLOMBIA.
AUTORES.	Zaida Camila Pérez Cuadros
AÑO.	2016
OBJETIVO.	Realizar la evaluación y diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Guateque Boyacá y proponer la solución para la mejora en la



	<p>operación de la planta y poder mejorar el servicio a los suscriptores.</p>
METODOLOGÍA.	<ul style="list-style-type: none">• Inspección de la PTAP: Revisión de dimensiones, materiales, estado de las unidades componentes de la PTAP, correcto funcionamiento de las unidades.• Recopilación de información técnica de la PTAP: Estudio del diseño actual de la planta, teniendo en cuenta los planos e información adicional, compilación de datos poblacionales actuales y cálculo de la población futura con el método expuesto en el ras 2000• Recopilación de información de las unidades y normatividad: Compilación de información relativa a las unidades de tratamiento de agua potable y normatividad vigente en cuanto a calidad de agua.• Determinación de puntos críticos y unidades a reformar: Análisis de unidades o puntos críticos del sistema de tratamiento de agua potable.• Entre otros...
RESULTADOS.	<ul style="list-style-type: none">• Con el diagnóstico y evolución del estado actual de la PTAP, se identificaron las falencias y prioridades del tratamiento de agua potable del municipio de Guateque – Boyacá.• Se identificó que los cálculos realizados para el diseño actual de la canaleta Parshall existente no cumplen con el número de Froude, la velocidad establecida ni la



	<p>relación ha/W en el RAS 2000.</p> <ul style="list-style-type: none">• El Floculador hidráulico cumple con los criterios de diseño estipulados por el RAS 2000 sin embargo se ve un deterioro en algunos tabiques, Se evidencia deterioro en el floculador de la PTAP en su estructura de concreto por el pasar de los años y no poder hacer arreglos necesarios pues solo cuenta con una unidad, si se interviene se afecta el suministro de agua a la población.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	<ul style="list-style-type: none">• Se sugiere rehabilitarla, realizando mantenimiento general a todas las unidades actuales, como floculadores, sedimentadores y filtros, sustituyendo algunos elementos eléctricos y dotando a la planta de los equipos de laboratorio para control de procesos y equipos para suministro de coagulante y desinfectante.• Se recomienda, la construcción de una nueva canaleta Parshall para garantizar el proceso de eficiente en la unidad de mezcla rápida.• Se sugiere el mejoramiento de la unidad de filtración.

TÍTULO.	EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GARZÓN – HUILA
AUTORES.	Yury Andrea Clavijo Angarita



AÑO.	2013
OBJETIVOS.	Establecer si el sistema de abastecimiento de agua (a partir de la fuente hasta el sitio de consumo), consigue proveer agua de calidad que cumpla con los objetivos en salud de acuerdo a la evaluación del peligro, caracterización del riesgo y determinación de las medidas de control.
METODOLOGÍA.	Describir la normativa aplicable a la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano, la descripción estructural de la PTAP, el análisis de muestras tomadas para establecer la calidad del agua en relación al cumplimiento de la normativa, detallando los parámetros que con mayor frecuencia se incumplen y así generar las recomendaciones adecuados para que de ser necesario se adopten medidas de fortalecimiento y encaminadas al cumplimiento de la normatividad.
RESULTADOS.	Los datos obtenidos de prueba de Jarras para la comprobación de la dosis y concentración óptima, muestran que las unidades de turbidez más bajas se presentan en las dosis de 10, 5 y 1% de concentración de coagulante (Sulfato de aluminio), representadas con 1.6, 1.3 y 1.5 unidades respectivamente. En el caso cuya concentración es del 0.5% se genera un incremento considerable en la turbidez pudiendo concluir que emplear dicha dosis para tratar el agua que en ese



		<p>momento se analizaba sería contraproducente. Debido a eso, los datos que se tomaron en cuenta para determinar la velocidad de sedimentación fueron los de las tres primeras concentraciones (10, 5 y 1%).</p>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		<p>1. Se puede manifestar que la Quebrada Garzón provee agua de buena calidad ya que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos obedecen a lo ordenado en la normatividad aplicable al agua destinada para consumo humano. Los parámetros que exceden los límites son: Turbiedad y Color.</p> <p>2. Las características microbiológicas del agua infringen los señalamientos normativos pues las muestras de agua cruda analizadas presentan Coliformes totales y Coliformes fecales, sin embargo, luego de recibir el proceso de cloración, en las muestras tanto del tanque de almacenamiento como de la red de distribución no se encontraron bacterias coliformes.</p>

TÍTULO.	<p>DISEÑO DE UN PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL ACUEDUCTO RURAL “ACUACOMBIA” EN EL CORREGIMIENTO COMBIA BAJA, MUNICIPIO DE PEREIRA DEPARTAMENTO DE RISARALDA</p>
----------------	---





AUTORES.	Nery Zeneida Melo morán y Diana Patricia Salazar Valencia
AÑO.	2009
OBJETIVO.	Diseñar el Plan de Contingencia para el acueducto rural de Acuacombia en el Corregimiento Combia Baja, Municipio de Pereira.
METODOLOGÍA.	La secuencia metodológica que se siguió en el presente trabajo da respuesta a los objetivos específicos planteados, por medio de momentos que pretenden diagnosticar el riesgo sobre la calidad del agua para consumo humano y proponer las acciones correctivas y/o preventivas que permitan reducir el mismo, a través de unas actividades planteadas que utilizan diferentes técnicas que conducen a la obtención de un producto final.
RESULTADOS.	Se considera que la amenaza volcánica sobre las Quebradas Pavas, San Vicente, Bejucos y Pital es baja. Así mismo, en el caso de que se llegaran a presentar lluvias de piroclastos (cenizas volcánicas) y logren entrar al sistema de acueducto transportadas por los vientos, existe la posibilidad de que las cenizas obstruyan las obras de captación, desarenadores y tuberías de conducción del agua cruda, tanques de almacenamiento y red de distribución, (CRID, 2000). Sin embargo, como



		ya se mencionó la probabilidad de que ocurra este fenómeno es baja, por consiguiente se deduce que la amenaza volcánica en estas unidades del sistema es baja.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		Las amenazas por presencia de sustancias por fenómenos naturales y socionaturales en el acueducto Acuacombia se presentan principalmente por segmentos de fallas geológicas activas, un gran número de movimientos en masa superficiales y la alta susceptibilidad a seguirlos sufriendo, que sumados a las altas precipitaciones del sector hacen que los caudales de las quebradas se incrementen súbitamente causando graves daños en la red de distribución. Por otra parte, no existe amenaza en la zona por materiales como flujos de lava, piroclásticos y lahares derivados de la actividad volcánica.

Fuente: Autores, 2019.

4.2. MARCO TEÓRICO.

La evaluación de una planta de tratamiento de agua comprende un análisis detallado del funcionamiento y comportamiento hidráulico de cada una de las partes que físicamente la conforman, de su eficiencia y de la forma en que está siendo operada, controlada, mantenida y administrada. Como resultado de la evaluación del sistema de tratamiento, se obtendrá información valiosa que comprenderá la determinación de las condiciones para mejorar la eficiencia del sistema. Se requiere un análisis detallado de los



procedimientos de evaluación específicos para cada proceso que integra la planta de tratamiento de agua potable (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Los procesos a evaluar son:

4.2.1. Evaluación del proceso de coagulación.

Los principales factores que influyen en este proceso son los siguientes

- Características de las aguas: pH, temperatura, alcalinidad, turbiedad y color.
- Características de las sustancias químicas utilizadas: tipo, dosis y concentración.
- Características de las unidades de dosificación: tipo y exactitud.
- Lugar y forma de aplicación del coagulante.

4.2.2. Evaluación de la mezcla rápida.

Para determinar el comportamiento de la unidad de mezcla rápida, se recomienda efectuar los siguientes ensayos.

- Geometría de la unidad.
- Punto de aplicación de las sustancias químicas.
- Determinación del tiempo de mezcla.
- Determinación de la intensidad de mezcla (gradiente).
- Condiciones hidráulicas de la obra de interconexión.

4.2.3. Evaluación de los floculadores.

La unidad de floculación tiene la función de formar el floculo, que debe reunir ciertas características como peso, tamaño y aglutinación, para



lograrlo esta unidad debe trabajar bajo determinados parámetros que están en función de la calidad del agua tratada.

A continuación, se detallan los ensayos que es preciso llevar a cabo al evaluar las características del proceso de floculación.

- Geometría de la unidad.
- Caudal de operación.
- Tiempo de retención de la unidad de floculación.
- Intensidad de floculación o gradiente de velocidad en la unidad.
- Tipo de flujo, espacios muertos y cortocircuitos.
- Tiempo de formación de floculo.
- Tamaño del floculo producido.

4.2.4. Evaluación de sedimentadores.

La sedimentación es el primer proceso de remoción y debido a su gran eficiencia en una planta es el más importante mecanismo para separar sólidos de líquidos.

Los factores más importantes que afectan la eficiencia remocional de una unidad de sedimentación y/o decantación son los siguientes.

- Las características del proceso y las condiciones del flujo hidráulico.
- Las características físico químicas de las aguas.
- Las características del pretratamiento: mezcla-floculación.
- Diseño de las unidades y zonas de entrada, sedimentación y salida de agua.
- Las características de las obras de interconexión.
- Operación y mantenimiento.

La evaluación de una unidad de sedimentación comprende:



- Eficiencia.
- Geometría de la unidad.
- Comportamiento del canal de distribución.
- Tiempo de retención.
- Características hidráulicas.
- Velocidad optima de sedimentación.
- Características de las zonas de entrada y salida.

4.2.5. Evaluación de las baterías de filtros.

Como consecuencia de las características de la suspensión del medio filtrante, de la velocidad de filtración, la pérdida de carga y la calidad del agua filtrada, son las variables del proceso más fácil de controlar y posiblemente de mayor significado en la operación del filtro. A continuación, se describen los procedimientos para evaluar cómo influyen todas las variables en una instalación de tratamiento de agua potable.

- Características de la unidad.
- Eficiencia del proceso.
- Características del proceso de filtración.
- Características del medio filtrante.
- Características del proceso de lavado.

4.2.6. Evaluación del sistema de cloración.

La cloración debe servir para asegurar que la calidad del agua producida por la planta no desmejore al ser transportada a las viviendas de los usuarios. La remoción de la contaminación debe ser mayormente efectuada por la decantación y completada en los filtros.



Las características del sistema que más influyen en la eficiencia de la cloración son:

- El tiempo real de contacto.
- La dosis de cloro aplicada.
- Las características del sistema de aplicación.
- Las características del compuesto de cloro aplicado.
- Las características de la caseta de cloración.

Fuente: (Gomez, 2014)

Los planes de contingencia son los procedimientos específicos, preestablecidos de coordinación, alerta, movilizaciones y respuestas, ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tiene escenarios definidos.

Para el caso de edificaciones, instalaciones o recintos, estos planes de contingencia serán dirigidos a un conjunto de acciones coordinadas y aplicadas integralmente destinadas a prevenir, controlar, proteger y evacuar a las personas que se encuentran en una edificación, instalación o recinto y zonas de donde se genera la emergencia. Incluye los planos de los accesos, señalización de rutas de escape, zonas seguras internas y externas, equipos contra incendio. Asimismo, los procedimientos de evacuación, de simulacros, registros y evaluación del mismo.

Las emergencias pueden ser según su origen:

- **Natural:** Son aquellas originadas por la naturaleza, tales como sismos, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes, deslizamientos, entre otros.



- **Tecnológica:** Son aquellas producidas por las actividades de las personas, pueden ser incendios, explosiones, derrames y fugas de sustancias peligrosas.

Fuente: (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008)

4.3. MARCO CONCEPTUAL.

Agua cruda: Es el agua natural que no ha sido sometida a procesos de tratamiento para su potabilización (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Agua potable: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, es apta para el consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos (Congreso de la república, 2012).

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Congreso de la república, 2012).



Análisis fisicoquímico del agua: Prueba de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Análisis microbiológico del agua: Prueba de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo o cantidad de micro organismos (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Calamidad pública: Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la población, en el respectivo territorio, que exige al municipio, distrito o departamento ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Congreso de la república, 2012).

Calidad del agua: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Capacidad máxima: Caudal máximo de diseño de una estructura hidráulica (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan las estructuras y partes de un sistema determinado (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).



Cloración: Aplicación del cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Cloro residual: Concentración de cloro existente de cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Coloides: Sólidos finamente divididos (que no disuelven), que permanecen dispersos en un líquido por largo tiempo debido a su menor diámetro y a la presencia de una carga eléctrica en su superficie (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Coagulación: Agregación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua a tratar por medio de la aplicación de algún agente coagulante (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Corto circuito: Condición que ocurre en los tanques cuando parte del agua pasa a una velocidad mayor que el resto del fluido, disminuyendo el tiempo de resistencia medio de la más líquida en el reactor (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Decantación: Remoción por efecto de la gravedad de las partículas en suspensión presente en el agua, no sin antes haber adicionado algún coagulante (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Desastre natural: Manifestación de un fenómeno natural que se presenta en un espacio y tiempo limitado, que causa trastornos en los patrones normales de vida y pérdidas humanas, materiales y económicas, debido a su impacto sobre poblaciones, propiedades, instalaciones y ambientes (Congreso de la república, 2012).



Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de organismos patógenos presentes en el agua (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Dosis óptima: Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Edificio de operación: Área o conjunto de dependencias de una planta de tratamiento de agua potable que cumple determinadas funciones auxiliares, directa o indirectamente ligadas al proceso de tratamiento, necesarias para su correcta operación, mantenimiento y control (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Eficiencia de remoción: Medición de la certeza y capacidad de un proceso en la remoción de una sustancia específica (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Emergencia: Evento repentino e imprevisto, que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencias de fallas técnicas, de operación, de diseño, de control o estructurales, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas que alteran su operación normal o la calidad del agua y que obligan a adoptar medidas inmediatas para minimizar las consecuencias (Congreso de la república, 2012).

Ensayo con trazadores: Pruebas que utilizan sustancias trazadoras, como los cloruros, fluoruros u otros agentes, para estudiar el comportamiento hidrodinámico del fluido en interés (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Estado de emergencia: Situación declarada ante la inminencia del impacto de una amenaza o después de que esta ha ocurrido (Congreso de la república, 2012).



Evaluación de plantas de potabilización: Comprende un estudio del comportamiento hidráulico de cada una de las fracciones que físicamente la conforman, de su eficiencia y de la forma en que se está siendo administrada (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Filtración: Proceso por el que se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Floculación: Agregación de partículas sólidas en una dispersión coloidal en general por la adición de un agente químico (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Fuente de abastecimiento: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Congreso de la república, 2012).

Intervención: Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de



reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Intervención correctiva: Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Congreso de la república, 2012).

Intervención prospectiva: Proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos (Congreso de la república, 2012).

Lecho filtrante: Medio construido por material granular poroso por el que se hace percollar un flujo (Congreso de la república, 2012).

Lodo: Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos del tratamiento (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Manejo de desastres: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación pos desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Mantenimiento: Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).



Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista (Congreso de la república, 2012).

Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo instrumento o estructura con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas (Congreso de la república, 2012).

Mezcla lenta: Agitación suave del agua con los coagulantes con el fin de favorecer la formación de los floculós (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Mezcla rápida: Agitación violenta para producir la dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Parámetros de control de un proceso: Criterios preestablecidos que se utilizan como base para compararlos con los obtenidos en un proceso, con el fin de controlar o medir la eficiencia del mismo (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Parámetros de diseño: Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los equipos de la planta de tratamiento (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).



Persona prestadora que suministra agua para el consumo humano: Son aquellas prestadoras que, acorde con la ley 142 de 1994, suministran agua para el consumo humano tratada o sin tratamiento (Congreso de la república, 2012).

Plan de emergencia: Conjuntos de medidas a aplicar antes, durante y después que se presenta una amenaza como respuesta al impacto de la misma (Congreso de la república, 2012).

Plan de mitigación: Conjunto de medidas y obras a implementar antes del impacto de las amenazas para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y de los sistemas (Congreso de la república, 2012).

Plan operacional de emergencia: Procedimiento escrito que permite a las personas que prestan el servicio público de acueducto, a atender de forma efectiva una Situación de emergencia (Congreso de la república, 2012).

Planta de tratamiento: Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Prevención: Acciones de preparación para disminuir el efecto de impactos de las amenazas (Congreso de la república, 2012).

Prueba de jarras: Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Punto de muestreo: Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa del cuerpo de agua (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).



Recuperación: Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Reducción del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entendiéndose: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entendiéndose: prevención del riesgo.

Reglamentación prescriptiva: Disposiciones cuyo objetivo es determinar en forma explícita exigencias mínimas de seguridad en elementos que están o van a estar expuestos en áreas propensas a eventos peligrosos con el fin de preestablecer el nivel de riesgo aceptable en dichas áreas (Congreso de la república, 2012).

Reglamentación restrictiva: Disposiciones cuyo objetivo es evitar la configuración de nuevo riesgo mediante la prohibición taxativa de la ocupación permanente de áreas expuestas y propensas a eventos peligrosos. Es fundamental para la planificación ambiental y territorial sostenible (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Respuesta: Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia,



aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación (Congreso de la república, 2012).

Registro de control de calidad: Recopilación escrita de los resultados con los análisis del agua que se suministra a la población (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Riesgo: Medida de la probabilidad de impacto de una amenaza (Congreso de la república, 2012).

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

Seguridad territorial: La seguridad territorial se refiere a la sostenibilidad de las relaciones entre la dinámica de la naturaleza y la dinámica de las comunidades en un territorio en particular. Este concepto incluye las nociones de seguridad alimentaria, seguridad jurídica o institucional, seguridad económica, seguridad ecológica y seguridad social (Congreso de la república, 2012).

Tanque de almacenamiento: Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

Tiempo teórico de detención (T_d): Volumen de un reactor (V) dividido por el caudal (Q) con que trabaja o el tiempo teórico que tarda una masa líquida



en desplazarse de un punto a otro, suponiendo flujo pistón (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Turbiedad: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión (Vanegas Padilla & Vergara Rada, 2008).

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (Congreso de la república, 2012).

Zonas muertas: Sitios en un reactor en donde no hay desplazamiento unidimensional de la masa de agua (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008).

4.4. MARCO CONTEXTUAL.

4.4.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ENCARGADA DEL ACUEDUCTO.

El servicio de acueducto es administrado por la empresa prestadora de servicios públicos de Becerril “EMBECERRIL E.S.P.”, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Becerril – Cesar, en la calle 10 #6-28 y con un numero de contacto: (5) 5768434 (Superintendencia, 2018) .

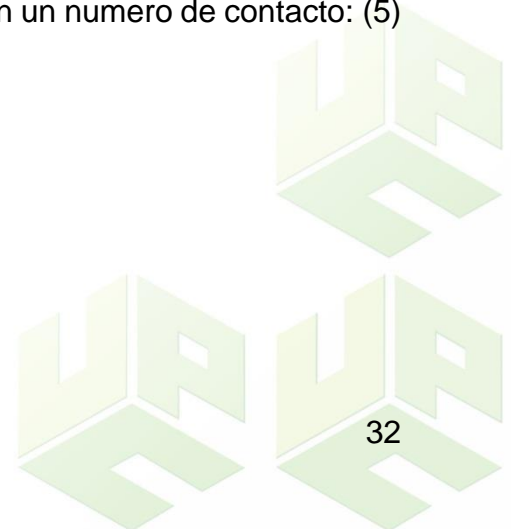




Ilustración 1. Ubicación de la empresa "EMBECERRIL".

Fuente: Google Maps, 2019.

EMBECERRIL E.S.P. presta servicios públicos domiciliarios de acueducto (Aducción, Almacenamiento, Captación, Comercialización, Conducción, Distribución y Tratamiento), alcantarillado y aseo, así como las actividades complementarias propias de todos y cada uno de estos servicios, de conformidad con la información suministrada en la última actualización efectuada por la Empresa en el Registro Único de Prestadores - RUPS, mediante radicado 20184230319661 de 12 de marzo de 2018 (Superintendencia, 2018).

4.4.2. UBICACIÓN DE LAS PTAPs DE INTERES.

El presente proyecto será realizado en las plantas de tratamiento de agua potable No 1 y 2, las cuales están ubicadas a la orilla del río maracas, más específicamente cerca del sitio conocido como "el cinco" hacia la salida vía "Socomba" balneario del municipio de becerril, las PTAPs se encuentra alrededor de unos 20 minutos en moto desde el pueblo y 7 Km aproximadamente.

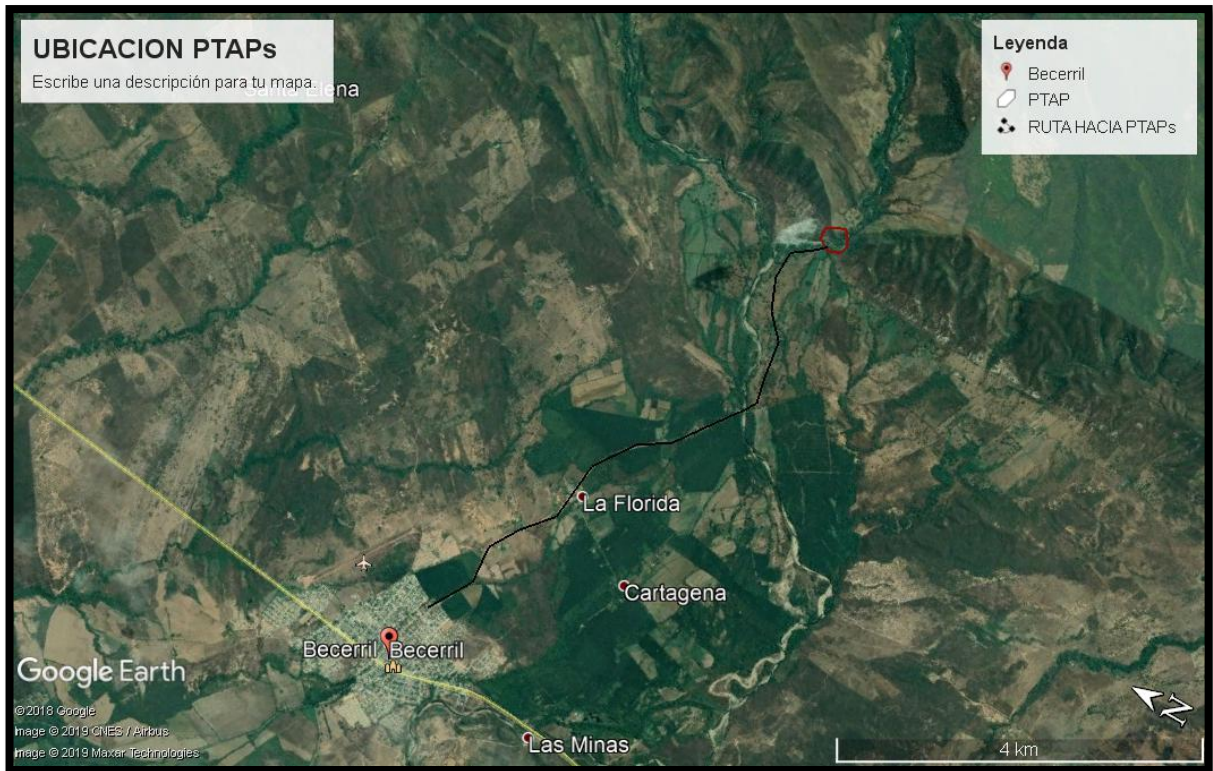
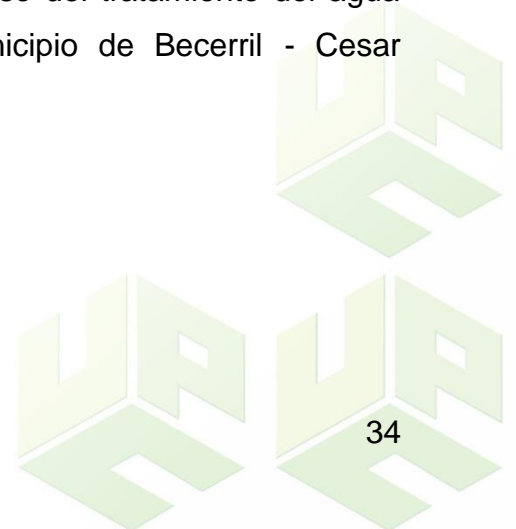


Ilustración 2. Ubicación PTAPs.

Fuente: Google Earth, 2019.

Las Plantas 1 y 2, con caudal de diseño de 40 L/s y 30 L/s respectivamente, son de tipo convencional y cuentan con los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El coagulante adicionado al proceso de tratamiento es Sulfato de Aluminio tipo A, este proceso del tratamiento del agua beneficia a toda la zona de la cabecera del municipio de Becerril - Cesar (Superintendencia, 2018).



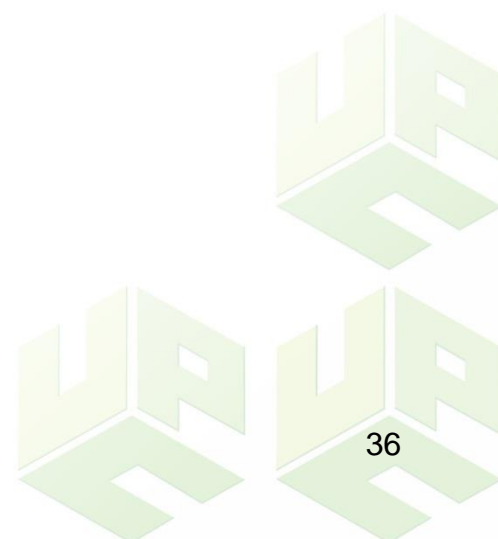
4.5. MARCO LEGAL.

Tabla 2. Marco de referencias legales

Tipo de norma.	Número de norma.	Nombre de norma.
Ley	1523 de 2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Ley	142 de 1994	Establece en los artículos 160 a 166 disposiciones especiales para la prestación eficiente de servicios de agua potable y saneamiento, como lo es el diseño y la coordinación de programas de investigación científica, tecnológica y administrativa para el desarrollo del sector.
Decreto	2157 de 2017	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012.
Decreto	1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Resolución	0330 de 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS
Resolución	2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Artículo	366	El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado.
		"La Ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que

Articulo	367	tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos.
Articulo	368	La Nación, los departamentos, los distritos, los municipios y las entidades descentralizadas podrán conceder subsidios, en sus respectivos presupuestos, para que las personas de menores ingresos puedan pagar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios que cubran sus necesidades básicas.
Articulo	369	La ley determinará los deberes y derechos de los usuarios, el régimen de su protección y sus formas de participación en la gestión y fiscalización de las empresas estatales que presten el servicio. Igualmente definirá la participación de los municipios o de sus representantes, en las entidades y empresas que les presten servicios públicos domiciliarios.
Articulo	370	Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten

Fuente: Autores, 2019.





5. MARCO METODOLOGICO.

5.1 LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Sostenibilidad y gestión ambiental, sub-línea; Gestión integral del recurso hídrico.

5.1. TIPO DE INVESTIGACION.

La metodología o técnica desarrollada en esta investigación es descriptiva (evaluación), el objeto de este tipo de investigación fue medir los resultados de un sistema de tratamiento de agua potable de acuerdo con los objetivos propuestos para el mismo, con el fin de tomar decisiones sobre su proyección y programación para un futuro.

La evaluación es aplicada teniendo en cuenta los métodos de la investigación social, que a su vez son válidos para los diferentes tipos de investigación ya que su fundamento es el método científico; así que al planear una evaluación hay que elaborar un diseño que nos indicó el objeto a evaluar, su medición y análisis de la información. Lo que distingue la investigación evaluativa de otros procesos investigativos no es el método o materia de estudio, sino su intencionalidad, es decir, el objetivo con el cual se lleva a cabo. (Tamayo, 2003).

5.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación en el presente proyecto, según los objetivos establecidos es el descriptivo, gracias a que el enfoque se hizo sobre conclusiones dominantes el cual es implementado con la evaluación de cada uno de los componentes de la PTAP, observando y describiendo un grupo de variables que funcionan en el presente.



Se identificaron las falencias de la planta y posteriormente se dieron soluciones a estas, estableciendo un plan de contingencia para casos especiales en este entorno, con mira en la consecución de datos fieles y seguros para sistematizar otros análisis de interés. (Alvarez, Angarita, & Bejarano, 2008)

5.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

La población de estudio, la cual se vio beneficiada por este proyecto, es toda la comunidad representativa de la cabecera del municipio de Becerril Cesar, es importante tener claro las características de la población para que esta sea representativa.

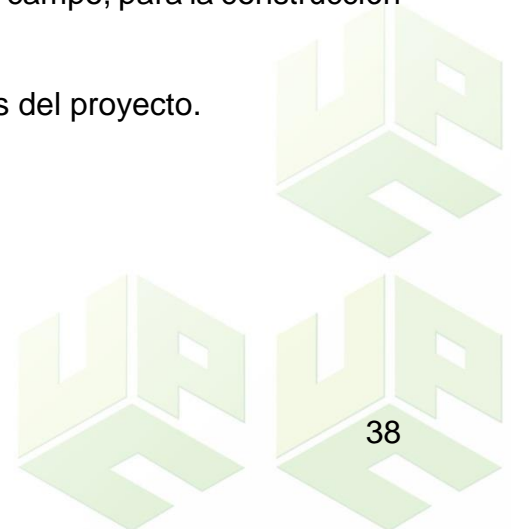
5.4. MUESTRA POBLACIONAL.

En este caso la información necesaria se obtuvo del personal técnico, administrativo y operativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Becerril Cesar y la comunidad respectivamente.

5.5. DESARROLLO METODOLÓGICO.

El desarrollo metodológico del presente estudio será de una forma dinámica, en la que de una manera muy cuidadosa se obtuvieron datos primarios y secundarios, donde se priorizó la observación en campo, para la construcción del proyecto final.

A continuación, se detallarán las distintas etapas del proyecto.





5.5.1. Etapa I: Realización del diagnóstico de los componentes del sistema de acueducto de la cabecera del municipio de Becerril – Cesar.

Actividad 1.1. Recopilación de la información existente.

Se realizaron investigaciones para recolectar datos que fueron útiles al momento de realizar cualquier actividad en el presente estudios, esto se hizo a partir de información secundaria, que sirvió para integrar criterios de mucho valor para algunos análisis y desarrollar conceptos de inicio en la consecución del estudio que sustenten la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable.

Se tomó como base las normativas vigentes como decretos, resoluciones y artículos relacionados con el tema, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la resolución 0330 de 2017, que nos permitió conocer la información adecuada para la realización de la visita en campo.

Actividad 1.2. Visita de campo.

Seguido se buscó realizar salidas al campo, para realizar una inspección inicial que sirvió para corroborar y complementar la información secundaria obtenida en el periodo de recolección de la misma. También fue de gran utilidad para realizar un diagnóstico preliminar del entorno y poder orientar con mayor claridad los procesos evaluativos. Para esta actividad se comprendieron los siguientes requerimientos:

- Recopilación de información en el sitio de trabajo.
- Recorrer toda la planta y llenar una ficha de inspección.
- Recopilar y procesar datos de producción.



- Determinar la capacidad potencial de la planta.

Actividad 1.3. Diagnóstico previo.

Se procedió a realizar un diagnóstico general de la planta, identificando las ventajas y desventajas presentes, realizando un análisis de cualquier posible situación y tendencias que se puedan dar, esto fue posible con la sistematización de los datos previamente obtenidos, permitiendo juzgar mejor que es lo que está pasando en la PTAP.

5.5.2. Etapa II, Efectuar la evaluación hidráulica de los componentes que integran el sistema de acueducto hasta las plantas de tratamiento.

Con la información recolectada se pudo elaborar guías para evaluar cada uno de los procesos que intervienen en el tratamiento de agua potable, los cuales son: Unidades de coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y cloración.

La evaluación de estos comprende tres aspectos los cuales se presentarán a continuación:

- **Condiciones hidráulicas.**

Se realizaron pruebas con trazadores para determinar la distribución del flujo en unidades paralelas y evaluar sus condiciones hidráulicas. En la actualidad estos ensayos se utilizan principalmente para determinar los tiempos reales de retención y sus principales características afines; tipos de flujo, espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos en unidades de tratamiento como mezcladores rápidos, floculadores y sedimentadores.

- **Eficiencia.**



Este aspecto pudo determinarse a través de curvas de frecuencia acumulada de turbiedad de agua que se obtienen procesando los promedios diarios de turbiedad de un determinado tiempo. Se tomará el tiempo que pueda demorar el trabajo de campo para fundamentar los ensayos que se realizaran, para esto se tendrán en cuenta los criterios establecidos en la Res. 0330 del 2017, que también es indicado en el “Manual I: Teoría Tomo I (CEPIS)”.

➤ **Características de los procesos.**

Esta evaluación se realizó basándose en el manejo de las variables especificadas de mayor relevancia en los procedimientos de inspección técnica de cada uno de los procesos de tratamiento de agua potable. Tales parámetros son:

- Geometría de las unidades.
- Variables de operación: Gradiente de velocidad, tiempo de retención, características de floculo, velocidad de operación, entre muchos otros.

Actividad 2.1. Evaluación del proceso de coagulación.

Para este proceso se desarrollaron pruebas de campo basándose en los criterios establecidos en la Res. 0330 del 2017 y lo establecido en “Manual I: Teoría tomo I (CEPIS)” el cual nos brinda recomendaciones para este proceso, dentro de estas pruebas se pudieron identificar: Dosificación, manejo y almacenamiento de sustancias químicas y características de almacenamiento, entre otros.



Actividad 2.2. Evaluación de la mezcla rápida.

En la evaluación de este proceso principalmente se tuvo que comprobar las dimensiones de la canaleta, con estándar de diseño, haciendo énfasis en la garganta de la canaleta y así se determinó que este sea el correcto, luego se evaluó algunos parámetros como lo son el caudal de entrada a la planta, mezcla en el resalto, número de Froude, velocidad, punto y forma de aplicación del coagulante en el resalto, entre otras características.

Actividad 2.3. Evaluación del proceso de floculación:

Se determinó la distribución del caudal entrante a cada unidad, realizando pruebas con trazadores de NaCl y un conductímetro, y se evaluó los parámetros de diseño y características hidráulicas, como gradiente de velocidad, tiempo de retención, tamaño del floculo, porcentaje de flujo pistón, flujo de mezclado y zonas muertas.

Actividad 2.4. Evaluación del proceso de sedimentación.

Para la evaluación de estas unidades lo primero fue la determinación del caudal mediante prueba de trazadores, luego determinar los gradientes de velocidad, las medidas de las unidades y de las placas, eficiencia, tiempo de retención y características hidráulicas.

Actividad 2.5. Evaluación del proceso de filtración filtros.

Se comenzó con la determinación de la eficiencia de las unidades, tomando muestra de turbiedad del agua filtrada y a la salida de los sedimentadores, luego se evaluó parámetros hidráulicos como caudal, velocidad de lavado y caudal de lavado.



Actividad 2.6. Evaluación del proceso de desinfección.

En este proceso se determinó la capacidad de los tanques de almacenamientos disponibles, se halló el tiempo real de contacto y la dosis optima de cloro que garantiza la concentración de cloro residual en el punto más alejado de la red.

5.5.3. Etapa III, Plantear y determinar las medidas necesarias para la optimización de las plantas de tratamiento, de tal manera que puedan conllevar a la prestación de un servicio eficiente, continuo de buena calidad, tal como lo establece el Artículo 5 de la Ley 142 de 1994.

Actividad 3.1. Verificación del funcionamiento de la PTAP.

Se realizó el análisis de la información obtenida en la evaluación hidráulica de cada uno de los procesos unitarios, verificando que el comportamiento de las estructuras esté en los rangos establecidos por la resolución Res 0330 del 2017, lo cual también es indicado en el “Manual I: Teoría Tomo I (CEPIS)”, parámetros como; el gradiente, velocidades de filtración y demás parámetros sean correctos.

Actividad 3.2 Recomendaciones y conclusiones.

Posteriormente a la verificación del funcionamiento de la PTAP se hicieron las recomendaciones y las conclusiones necesarias teniendo en cuenta los resultados obtenidos para que el sistema que se tiene actualmente tenga mejores resultados a futuro.

Actividad 3.3. Elaboración del documento técnico de evaluación.

Se procedió a conformar un documento donde se establezca de una forma detallada y ordenada toda la información pertinente con la



evaluación de la planta de tratamiento de agua potable, adicional a esto se brindarán los planos donde se visualizarán las dimensiones de cada una de las unidades de operación.

5.5.4. Etapa IV, Formular el Plan de contingencia de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017.

Actividad 4.1. Estudio y valoración de los recursos disponibles.

Se implementó un conjunto de acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva, entrenamiento, entre otras, necesarios para optimizar la ejecución de la respuesta. La efectividad de la respuesta es proporcional a las medidas de preparación que se implementen.

Realizando un inventario donde se contemplaron los recursos necesarios y/o disponibles para garantizar una buena prestación de servicio, teniendo en cuenta los organismos de apoyo y el plan de acción.

Actividad 4.2. Análisis de vulnerabilidad y respuesta a emergencias.

Se hizo necesario realizar una descripción de la zona y la identificación de las amenazas además de un análisis de vulnerabilidad para cada amenaza natural y antrópicas (social, tecnológica), relacionando los tipos de riesgos según su origen que podría afectar la estabilidad y seguridad de la PTAP y el acueducto en general.

Se definió el marco de actuación de la entidad para responder diferentes eventos adversos que se puedan presentar. Estableció los niveles a emergencia, los actores, instancias de coordinación y

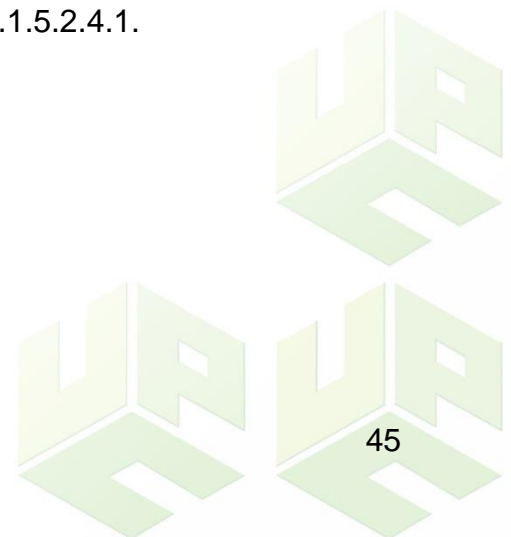


estructuras de intervención; así mismo, señala la articulación de la respuesta con actores internos y Este debe desarrollar los siguientes contenidos mínimos:

- **Niveles de emergencia.**
- Alerta alarma y niveles de activación.
- Estructura de la intervención y articulación de la respuesta.
- Protocolos y procedimientos de respuesta para cada tipo de emergencia.
- Mecanismo de actualización del plan de emergencia y contingencia.

Actividad 4.3. Seguimiento del plan de contingencia.

Con los datos previamente analizados se estableció un conjunto de procedimientos alternativos a la operatividad normal de la planta, que indiquen las acciones a seguir durante y después de cualquier eventualidad estipulando medidas de prevención y mitigación de estos impactos, buscando también la optimización de los recursos humanos y materiales empleados, verificando los avances y el impacto de la gestión para el mejoramiento del plan de contingencia, se hizo preciso desarrollar los requisitos mínimos establecidos por el Decreto 2157 de 2017 en la subsección 4 y su Artículo 2.3.1.5.2.4.1.





6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

6.1. ETAPA I: REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE BECERRIL – CESAR

6.1.1. Diagnóstico de las condiciones actuales

6.1.1.1. Información general

El sistema de potabilización del agua se da por parte de la Empresa de Servicios Públicos de Becerril – EMBECERRIL E.S.P. ;”presta servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, así como las actividades complementarias propias de todos y cada uno de estos servicios” (Superservicios, 2018).

Tabla 3 Información General del Prestador

ID	654
TIPO DE SOCIEDAD	EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO - MUNICIPAL
RAZÓN SOCIAL	EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE BECERRIL ESP – EMBECERRIL E.S.P.
SIGLA	EMBECERRIL
NIT	800154065 - 1
Fecha de registro en RUPS	4 de abril de 2008
Fecha de constitución	30 de mayo de 1190
Fecha de inicio de operaciones	12 de septiembre de 1994
ÁREAS DE PRESTACIÓN	BECCERRIL - CESAR
SERVICIOS PRESTADOS	Acueducto, Alcantarillado y Aseo
ACTIVIDADES	Acueducto: Aducción, Almacenamiento, Captación, Comercialización, Conducción, Distribución y Tratamiento. Alcantarillado: Comercialización, Conducción de Residuos Líquidos, Disposición Final, Recolección y Tratamiento. Aseo: Barrido y Limpieza de vías y áreas públicas, Recolección y Transporte de Residuos No Aprovechables y Disposición Final.
FECHA DE	30/05/1990



CONSTITUCIÓN	
NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL	URSULINA MARIA ADECHINE VINA
Zona rural atendida	
Estado de certificación del municipio – SGP 2016	Certificado – Resolución 20174010182015 de 29 de septiembre de 2017
Contrato de condiciones uniformes	Fecha de expedición 6 de abril de 1995
	Fecha de última actualización 21 de marzo de 2018.

Fuente: (Superservicios, 2018)

6.1.1.2. Descripción de la planta

La Cabecera del municipio de Becerril-Cesar cuenta con un sistema de abastecimiento compuesto por dos (2) captaciones, en el río Socomba y Maracas respectivamente, adicionalmente cuenta con (3) Plantas de Tratamiento de Agua Potable del tipo convencional, donde la sumatoria de los 3 caudales de las plantas da una capacidad de operación de 120 l/s, en una cota terreno de 135.12 m.

6.1.1.3. Captación

En la captación del río Socomba es de tipo lateral y el caudal de diseño es de 440 L/s y la del río Maracas es de tipo lateral de fondo y con una capacidad utilizada de 152.2 L/s, de acuerdo a las visitas, la Bocatoma Socomba presenta desprendimiento de concreto y deficiencias en la apertura en la válvula de control; mientras que en la bocatoma lateral presenta una acumulación de sedimentos que disminuyen la capacidad de toma del agua de este componente.



Ilustración 3 Bocatoma Socomba

Fuente: (Superservicios, 2018)



Ilustración 4 Rejilla lateral Bocatoma Maracas

Fuente: (Superservicios, 2018)

6.1.1.4. Laboratorio

En el área de laboratorio se pudo observar que no cuenta con los implementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento, como la Prueba de jarras, necesaria para conocer la dosis del coagulante, no cuenta tampoco con turbidímetro y medidor de PH, equipos necesarios para conocer los parámetros para los procesos de coagulación-floculación, de igual manera se

evidencia con los químicos utilizados para la desinfección-Cloración son agregados de forma empírica y no a través de mediciones, de acuerdo a como la normatividad lo exige.



Ilustración 5 Laboratorio

Fuente: (Autores,2020)

Tal como se observa claramente en las imágenes anteriores la deficiencia de equipos e insumos para el desarrollo de pruebas de laboratorio es alto, lo que trae consigo ineficiencia en todos los procesos del manejo de potabilización del agua.

6.1.1.5. Planta de tratamiento de Agua Potable 1

La planta de tratamiento N° 1 puesta en funcionamiento a partir de 1982, cuenta con una Canaleta Parshall, floculadores hidráulicos, sedimentador, filtros y desinfección, tiene un caudal de 30 l/s, los procesos de coagulación son compartidos con la planta N° 1.

Canaleta Parshall

Este corresponde al primer componente de la planta, donde se desarrolla la medición de los caudales de entrada, siendo también una de las unidades de mayor importancia, de acuerdo con esto es necesario que este proceso haga un eficiente proceso de mezcla rápida realizado a través de un resalto hidráulico, ya que de aquí deriva la eficiencia de todo el sistema de tratamiento, pero en este caso en particular no cuenta con equipos de medición.



Ilustración 6 Canaleta Parshall

Fuente: (Superservicios, 2018)

En el proceso utiliza un coagulante llamado *Polytròn*, el cual es una sal de aluminio y es de tipo “Polimero Cationico”, tiene una densidad de (1.24-1.26)g/cc, con una concentración del 100%, y un contenido de alumina de (17-20)%, este coagulante es aplicado en una concentración del 50%, se hace de forma manual y luego se mezcla con una bomba, la dosis es aplicada sin tener en cuenta la turbiedad y por lo regular se aplican 150 ml/min variando este valor de acuerdo a la observación directa de la turbiedad del agua, sin tener en cuenta parametros como temperatura o PH.

De acuerdo a lo anterior la eficiencia de la coagulación depende en gran manera de su dosificación y debido a que no se realiza las pruebas necesarias, este proceso es deficiente.



Ilustración 7 Proceso de coagulación

Fuente: (Autores,2020)

La mezcla rápida la cual trabaja constantemente con 70 l/s la sumatoria de los caudales de la PTAP 1 y 2 , ya que este proceso se da en el mismo componente para ambas,se evidencio que no se realizan mediciones constantes de caudales, de igual manera,el coagulante es aplicado lejos del punto de Mezcla rápida, donde se observa que no se distribuye uniformemente y tambien se puedo identificar que aguas arriba de la canaleta el flujo no es uniforme y existen formaciones de remolinos.

Floculadores hidráulicos

Este es el componente encargado de la mezcla lenta y se de la formación de los floculos,se encuentra compuesto por dos (2) floculadores hidraulicos, los cuales trabajan 15 l/s cada uno, presentan nueve (9) camaras, las cuales varían sus

dimensiones de manera creciente, en 1cm, mediante las visitas se observo poca formación del Floc, esto podría deberse a que el tipo de coagulante usado actualmente es de poco manejo por parte de los operadores y al no realizar los debidos procesos de determinacion de la dosis optima, esta generando deficiencias en el funcionamiento del mismo.



Ilustración 8 Proceso de Floculación PTAP 1

Fuente: (Autores,2020)

De acuerdo a lo anterior otra de las deficiencias dentro de este proceso, es debido al que no realizar mediciones de caudales en la entrada de la planta, presenta

muchas variaciones en la cantidad de agua que va a los floculadores, lo que afecta en la velocidad del agua y por lo tanto consecuencias directas en la formación del Floc.



*Ilustración 9 Floculador PTAP 1
. Fuente: (Autores,2020)*

Sedimentadores

El sedimentador es un componente del tratamiento de las aguas, encargado de remover por medio de gravedad, depositos del material de suspensión, producido en el proceso anterior, esta cuenta con dos sedimentadores de alta tasa con placas fijas.



*Ilustración 10 Sedimentadores PTAP 1
Fuente: (Autores,2020)*



Claramente es uno de las areas que presenta mas deficiencia en toda la planta, teniendo en cuenta que lleva mas de 30 años de funcionamiento y no se han realizado mantenimientos periodicos, ha generado que existan gran cantidad de zonas muertas, adicionalmente no presenta entrada subterranea para realizar la limpieza de la zona de recoleccion de los lodos, lo que puede traer consigo que los floculos lleguen a otros componentes de la planta.

Filtros

El proceso de filtracion es el encargado de pasar el agua a traves de sustancias que permitan la remocion de impurezas, posteriores a los tratamientos ya realizados, este componente opera con 4 filtros, compuestos por 3 capas de; Arenilla, arena y antracita, los cuales manejan caudales de 7,5 l/s, se evidencio la mala limpieza de estas camaras por la presencia de musgos y otras impurezas y al observar los procesos de limpieza, se muestra que se hacen con una manguera a presion y no se identifico si realizan lavados a las capas de los filtros.



*Ilustración 11 Proceso de Filtración PTAP 1
Fuente: (Autores,2020)*



6.1.1.6. *Planta de tratamiento de Agua Potable 2*

La PTAP 2 cuenta con un caudal de 40 l/s, puesta en funcionamiento a partir de 1996, siendo un poco más joven que la anterior, esta presenta la característica que comparte la canaleta Parshall, coagulación y desinfección con la PTAP 1, por lo tanto, presenta las mismas falencias en los componentes ya nombrados anteriormente.

Floculadores Hidráulicos

En la PTAP 2 cuenta con dos (2) floculadores hidráulicos, presentando uno de ellos 6 cámaras y el otro 9, cada uno de ellos trabajando con 20 l/s, a comparación de la PTAP 1 presenta una mayor formación de Floc en la superficie, pero aun así para la gran cantidad de solidos dentro del agua, no es el ideal, presentando la misma problemática de la PTAP 1.



Ilustración 12 Floculadores PTAP 2

Fuente: (Autores,2020)

Sedimentador

Esta PTAP presenta un solo sedimentador, por lo tanto trabaja con el caudal total de la planta de 40 l/s, se presenta compuesto placas fijas inclinadas de 45° y a diferencia de los sedimentadores de la PTAP 1, si cuenta con un pase subterráneo para realizar el lavado en la zona de acumulación de los lodos lo que sumado al presentar menor tiempo de construcción, el proceso de decantación de los lodos sea mucho más eficaz, pero aun así se evidencia que estas partículas tienden a pasar a las siguientes unidades; siendo este uno de los procesos de mayores problemáticas en todo el tratamiento del agua.



Ilustración 13 Sedimentador PTAP 2

Fuente: (Autores,2020)

Filtros

El proceso de filtración se da a través de 4 filtros cada uno recibiendo un caudal de 10 l/s, con capas de arena, arena y antracita, las características de operación son muy similares a la de la PTAP 1, presentado fallencias de igual manera en los procesos de lavado de las unidades.



Ilustración 14 Filtros PTAP 2

Fuente: (Autores,2020)

Desinfección

El proceso de desinfección o cloración se realiza a través de un tanque de contacto, presentado aproximadamente 5m de profundidad y trabaja con el caudal total de las

dos PTAP de 70 l/s, puesto que esa unidad es la misma para las. En este proceso se aplica *cloro liquido* el cual es regulado por una bomba, pero sin ningún proceso previo de dosificación, por lo tanto, garantiza una correcta desinfección, sumándole el hecho de que existen grandes deficiencias de tratamiento de las unidades anteriores.



Ilustración 15 Proceso de desinfección

Fuente: (Autores,2020)

También se observó que los operadores no toman todas las precauciones con respecto al manejo de esta sustancia y muchas veces no tienen conocimientos claros de los altos niveles de peligrosidad y aplicación de la misma.

Finalmente se evidencia claramente que existen deficiencias presentes en las diferentes unidades de la PTAP 1 y PTAP 2, del municipio de Becerril, siendo de gran importancia el desarrollo de esta investigación, donde el proceso de coagulación y sedimentación presentando mayores falencias y afectando indiscutiblemente a la efectividad de las otras unidades de tratamiento.

6.1.1.7. *Planta de tratamiento de Agua Potable 3*

A pesar de que el sistema de tratamiento del municipio presenta tres plantas, a esta última no se le realizó ninguna evaluación, debido a que su instalación fue en el año 2017 y por lo tanto los procesos que se están realizando correctamente, las fallencias claramente se encuentran en las PTAP más antiguas.



Ilustración 16 PTAP 3

Fuente: (Superservicios, 2018)



6.2. ETAPA II, EFECTUAR LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LOS COMPONENTES QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO HASTA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

En el desarrollo de la evaluación hidráulica de la PTAP del Municipio de Becerril, se realizará, a través de los diferentes procesos y unidades para el tratamiento del agua cruda.

6.2.1. Proceso de coagulación y mezcla rápida

Este es el primer proceso para el tratamiento del agua cruda, teniendo en cuenta la captación del agua de las dos bocatomas de la PTAP, siendo de 70 l/s, se da a través de la unidad de Canaleta Parshall, con el uso del coagulante *Poltrón* con una concentración al 50% y una dosis de 150ml/min, teniendo en cuenta que este es el mismo componente para la PTAP 1 y PTAP 2.

Para estudiar el comportamiento hidráulico en esta unidad, se tendrá en cuenta lo exigido en la resolución 0330 de 2017(Manual CEPIS Agua Potable).

El primer paso será realizar una conversión del caudal de diseño de la canaleta de l/s a m³, puesto que, para el desarrollo de las diferentes ecuaciones, son las unidades pedidas.

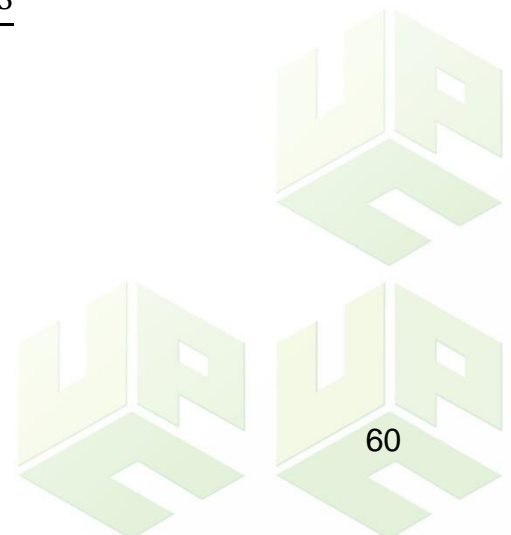
$$Q = 70 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000 l} = 0,07 \frac{m^3}{s}$$

Ancho de la canaleta (w)

$$w = 0,23 m$$

$$w = 1''$$

Tabla 4 Valores de K y m



Ancho de la garganta del Parshall (<i>w</i>)		K	m
pulgadas	metros		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,150	1,842	0,636
9"	0,229	1,486	0,633
1'	0,305	1,276	0,657
1 1/2'	0,460	0,966	0,650
2'	0,610	0,795	0,645
3'	0,915	0,608	0,639
4'	1,220	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,630
6'	1,830	0,389	0,627
8'	2,440	0,324	0,623

Fuente: Manual II capítulo 2 Mezcladores, CEPIS

Altura de agua en la sección de medición

$$h_o = KQ^m$$

Donde:

Q= Caudal m³

K= Constante tabla 4

m= Constante tabla 4

$$h_o = 1,276 * (0,07 \text{ m}^3/\text{s})^{0,657}$$

$$h_o = 0,22$$

Teniendo en cuenta la legislación vigente la *profundidad de agua a 2/3 de la garganta*, lo ideal es que se encuentre entre los valores de 0,4-0,8 y por lo tanto el valor obtenido de 0,22 no se encuentra actualmente cumpliendo.

Tabla 5 Dimensiones estandarizadas de los medidores Parshall.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	
Pulgadas	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3

Fuente: Manual II capítulo 2 Mezcladores, CEPIS

Ancho de la canaleta en la sección de medida

$$D' = \frac{2}{3} (D - W) + W$$

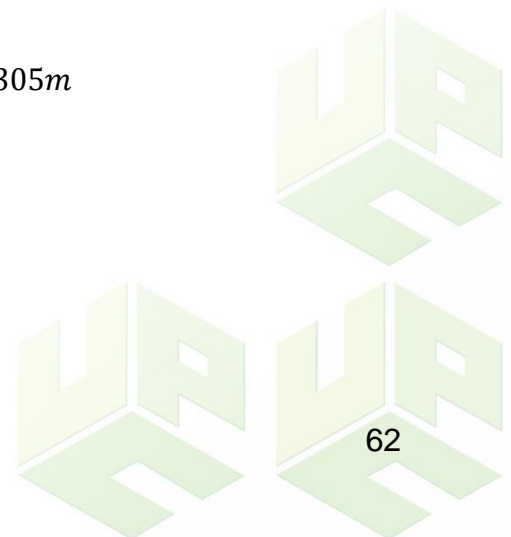
Los valores de D y W son tomados de la *tabla 5*, teniendo en cuenta que esta se encuentra en *cm* tomaremos los valores en *m*

$$D = 84,5\text{cm} = 0,845\text{ m}$$

$$W = 30,5\text{cm} = 0,305\text{ m}$$

$$D' = \frac{2}{3} (0,845\text{m} - 0,305\text{m}) + 0,305\text{m}$$

$$D' = 0,665\text{ m}$$





Velocidad del agua en el punto de medición de ho

$$v_o = \frac{Q}{D' h_o}$$

$$v_o = \frac{0,07 \text{ m}^3/\text{s}}{0,665\text{m} * 0,22\text{m}}$$

$$v_o = 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Carga Hidráulica disponible

$$E_o = \left(\frac{v_o^2}{2g} \right) + h_o + N$$

$$E_o = \left(\frac{0,47^2 \text{m/s}}{2 * 9,81 \text{m/s}^2} \right) + 0,22\text{m} + 0,229\text{m}$$

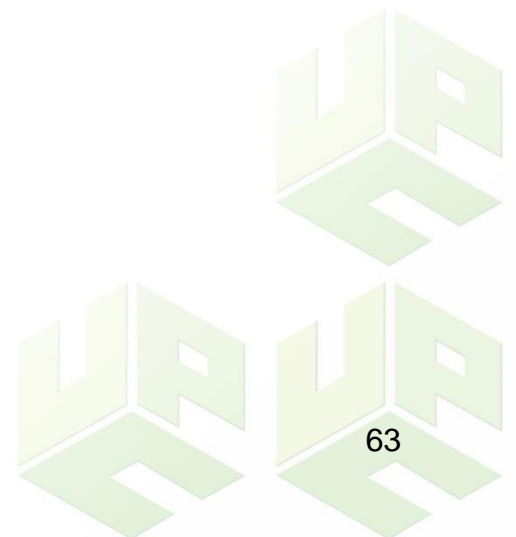
$$E_o = 0,46\text{m}$$

Velocidad antes del resalto

$$q = \frac{Q}{W}$$

$$q = \frac{0,07 \text{ m}^3/\text{s}}{0,305\text{m}} = \frac{0,23\text{m}^3}{\text{s} * \text{m}}$$

$$\cos\theta = \frac{-qg}{(2/3gE_o)^{1,5}}$$





$$\cos\theta = \frac{-\frac{0,23m^3}{s * m} * 9,81m/s^2}{\left(\frac{2}{3} * \frac{9,81m}{s^2} * 0,46m\right)^{1,5}} = -0,43$$

$$\theta = 115^\circ 28$$

$$v1 = 2 \frac{2gEo^{0,5}}{3} \cos\theta/3$$

$$v1 = 2 * \frac{2 * \frac{9,81m}{s^2} * 0,46m^{0,5}}{3} \cos(38^\circ 29)$$

$$v1 = 1,57 \text{ m/S}$$

Altura antes del resalto hidráulico

$$h1 = \frac{q}{v1}$$

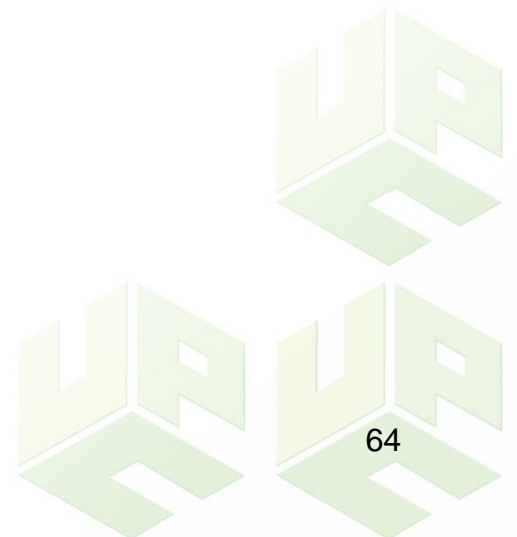
$$h1 = \frac{\frac{0,23m^3}{s * m}}{1,57 \text{ m/S}}$$

$$h1 = 0,146m$$

Número de Froude

$$F1 = \frac{v1}{\sqrt{g * h1}}$$

$$F1 = \frac{1,57 \text{ m/S}}{\sqrt{\frac{9,81m}{s^2} * 0,146m}}$$





$$F1 = 1,31$$

Claramente se observa que no está cumpliendo con el *número de Froude*, el cual debe estar entre los rangos de entre 1.7-2.5 o 4.5 -9.0 para la canaleta parshall con resalto hidráulico, de tal manera que no se está dando un resalto estable en la unidad.

Altura del resalto

$$h2 = \frac{h1}{2} [\sqrt{1 + 8F1^2} - 1]$$

$$h2 = \frac{0,146m}{2} [\sqrt{1 + 8 * 1,31^2} - 1]$$

$$h2 = 0,207 m$$

Velocidad en el resalto

$$v2 = \frac{Q}{Wh2}$$

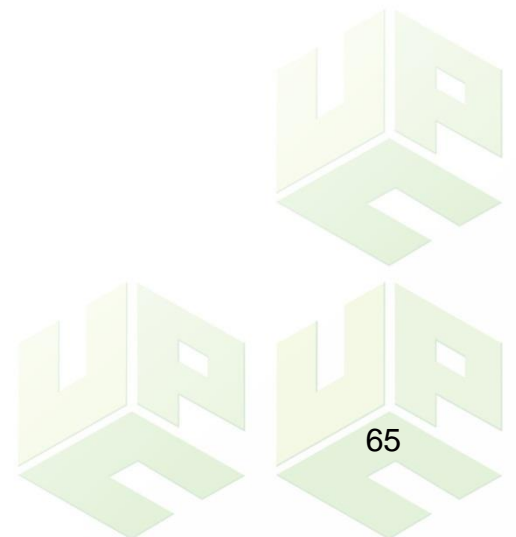
$$v2 = \frac{0,07 m^3/s}{0,305 m * 0,207m}$$

$$v2 = 1,11 m/s$$

Tiempo en el resalto hidráulico

$$t = \frac{G}{v1}$$

$$t = \frac{0,915m}{1,57m/s} = 0,6 s$$



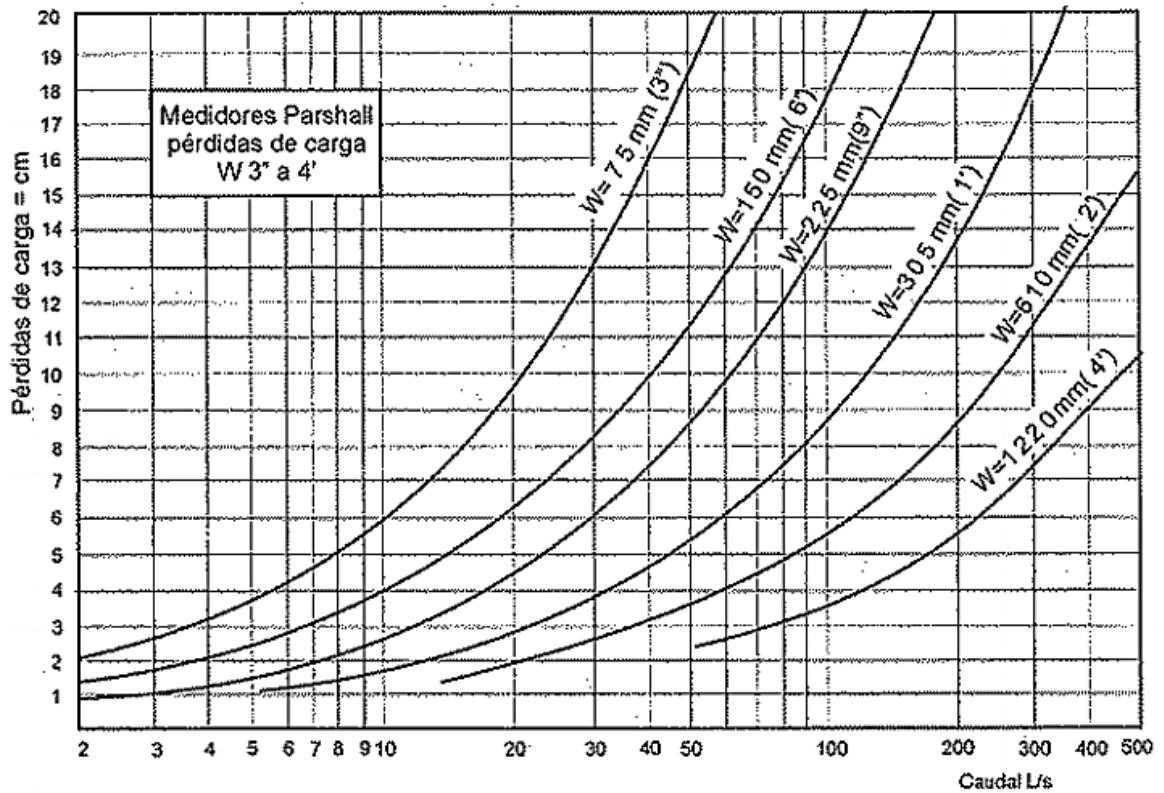


Ilustración 17 Pérdidas de Carga Canaleta Parshall

Fuente: (Romero, 2010)

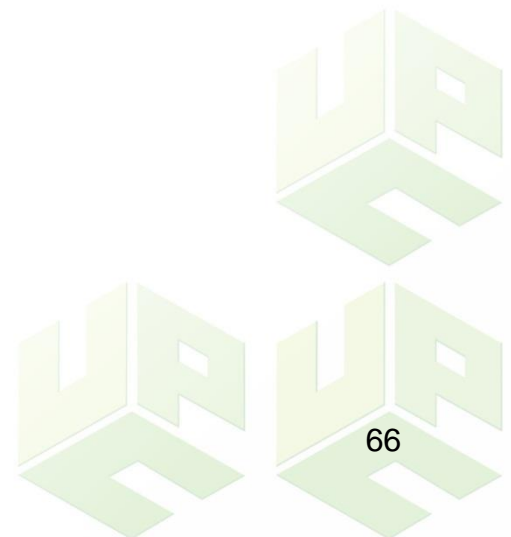
Teniendo en cuenta la ilustración 17 se estimaron las pérdidas de carga en la unidad teniendo en cuenta el caudal y el W (ancho de garganta).

$$hf = 0,07 m$$

Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{vd * t}}$$

Donde





$y =$ Peso específico

$h_f =$ Perdidas de carga

$\nu =$ Viscosidad dinámica (10°C)

$t =$ Tiempo en el resalto hidráulico

$$G = \sqrt{\frac{9800 * 0,07m}{1.308 \times 10^{-3} * 0,6s}}$$

$$G = 934.27 \text{ s}^{-1}$$

De acuerdo a lo dicho por la CEPIS las unidades con resalto hidráulico deben manejar gradientes de velocidad entre 700 y 1.300 s⁻¹, lo cual se encuentra entre los rangos y tiempos de retención menores de un segundo, pero en este caso están siendo bastante altos de 0,6s, por lo tanto, puede ser uno de los factores que esté afectando la eficiencia del mezclador.

6.2.2. Proceso de floculación

Esta es la unidad encargada del proceso de mezcla lenta de la masa de agua, previamente sometida al proceso de coagulación, con el fin de la formación del FLOC, eso mediante Floculadores hidráulicos, en este caso de flujo vertical, con tabiques de asbesto-cemento.

La evaluación hidráulica será simultáneamente para la PTAP 1 y PTAP 2, donde presentan características muy similares:

Tabla 6 Parámetros Floculadores PTAP 1

	Floculador 1	Floculador 2
Numero de muros	9	9

Caudal (l/seg)	15	15
Profundidad (m)	2,8	2,8
Ancho (m)	1,4	1,4
Longitud (m)	1,4	1,5
Volumen (m³)	5,5	5,9
Borde libre (cm)	30	30

Fuente: (Autores,2020)

Tabla 7 Parámetros Floculadores PTAP 2

	Floculador 1	Floculador 2
Numero de muros	6	9
Caudal (l/seg)	20	20
Profundidad (m)	2,8	2,8
Ancho (m)	1,2	1,2
Longitud (m)	1,2	1,3
Volumen (m³)	4,0	4,7
Borde libre (cm)	30	30

Fuente: (Autores,2020)

$$Q = 15 \frac{l}{s} = 0,015 \frac{m^3}{s}$$

$$V = 5,5 m^3$$

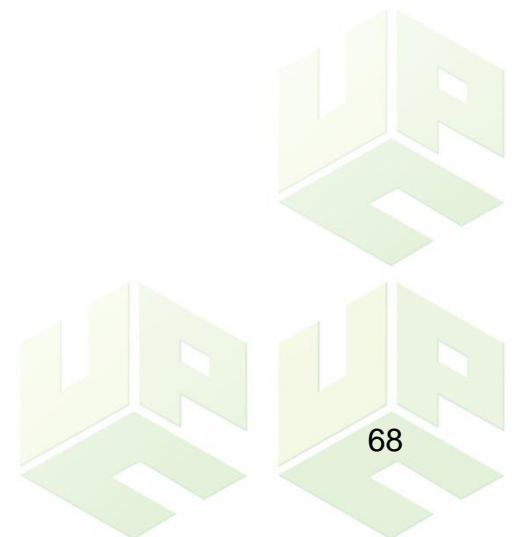
$$\text{Ancho total de la unidad} = 2,9 m$$

$$\text{Espaciamiento entre pantallas (a)} = 0,6 m$$

$$\text{Ancho del canal (b)} = 0,182 m$$

$$n = 0,013 \text{ (constante de Manning)}$$

$$\text{Extension total de los canales (l)} = 38,2 m$$





numero de compartimientos (m) = 5

Tiempo de retención

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{5,5m^3}{0,015m^3/s} = 6,12 \text{ min}$$

Velocidad en los canales verticales

$$v1 = \frac{Q}{(a * b)}$$

$$v1 = \frac{0,015 \text{ m}^3/s}{(0,6 * 0,182m)} = 0,137 \text{ m/s}$$

Velocidad en los pasos

$$v2 = \frac{2}{3} v1$$

$$v2 = 0,091 \text{ m/s}$$

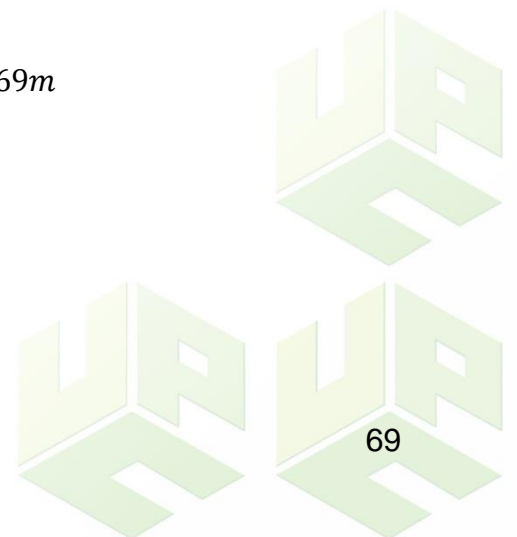
Radio Hidráulico del compartimiento entre pantallas

$$RH = \frac{a * b}{2(a + b)}$$

$$RH = \frac{0,6m * 0,182, m}{2(0,6m + 0,182m)} = 0,069m$$

Perdida de carga continua en los canales

$$h1 = \left[\frac{nv1}{RH^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * l$$





$$h1 = \left[\frac{0,013 * 0,137m/s}{0,069m^3} \right]^2 * 38,2m$$

$$h1 = 0,00428 m$$

Perdida de carga en las vueltas

$$h2 = \frac{[(m + 1) * v1^2 + m * v2^2]}{2 * g}$$

$$h2 = \frac{[(5 + 1) * 0,137m/s^2 + 5 * 0,091m/s^2]}{2 * 9,81}$$

$$h2 = 0,00785 m$$

Perdida de carga total

$$hf = h1 + h2$$

$$hf = 0,00428 m + 0,00785 m$$

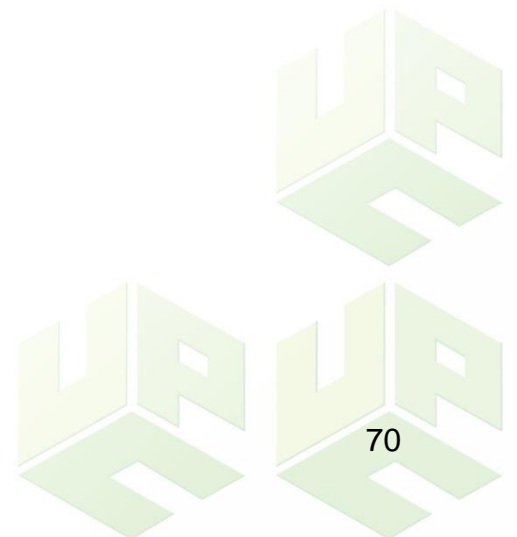
$$hf = 0,012m$$

Gradiente de velocidad

$$t = 25^{\circ}C$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} = 3267$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf * Q}{vo}}$$



$$G = 3267 * \sqrt{\frac{0,012 * 0,015m^3/s}{5,5}}$$

$$G = 18,7 s^{-1}$$

Se realizó una sola comprobación de los floculadores para las dos PTAP, debido a que presentan características geométricas similares, por lo tanto, se tomaron las condiciones del floculador de la PTAP 1, para el desarrollo.

Para el estudio, se realizó la comprobación hidráulica para el último tramo del floculador, entre las primeras deficiencias del sistema es que los floculadores de flujos verticales son recomendados para caudales mayores de 50 l/s, mientras que estos tanto como para la PTAP 1 y 2, trabajan con caudales mucho menores, por lo tanto, disminuye la eficiencia de la unidad.

El gradiente de velocidad del tramo evaluado nos dios 18,7 s⁻¹ lo que indica que no cumple con los parámetros mínimos de la resolución 0330 dada por 20 s⁻¹, por cada tramo.

6.2.3. Proceso de sedimentación

Esta unidad de tratamiento es independiente para la PTAP 1 y la PTAP 2, mediante el uso de sedimentadores de la alta tasa con placas inclinadas fijas, para la primera PTAP no presenta entrada para la zona de almacenamiento de lodos, lo cual dificulta su limpieza.

Tabla 8 Parámetros Sedimentador PTAP 1

Parámetro	Descripción
Caudal(l/s)	30

Caudal por unidad (l/s)	15
# de unidades	2
Ancho (m)	2,8
Largo (m)	4,5
Profundidad (m)	2,2
Placas inclinadas (m)	45°

Fuente: (Autores,2020)

Tabla 9 Parámetros Sedimentador PTAP 2

Parámetro	Descripción
Caudal (l/s)	40
Caudal por unidad (l/s)	40
# de unidades	1
Ancho(m)	4,6
Largo (m)	7.13
Profundidad(m)	2,2
Placas inclinadas	45°

Fuente: (Autores,2020)

6.2.3.1. PTAP 1

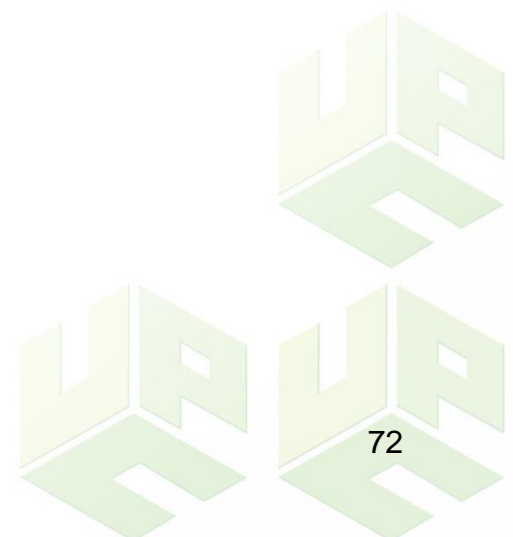
Velocidad de sedimentacion de las particulas (v_s) = $3,33 \times 10^{-4}$ m/s

$f = 7,08$

Radio Hidraulico (RH) = 4,06cm

Viscosidad 10°C(ν) = 0,013cm²/s

Área superficial



$$As = \frac{Q}{f * vs}$$

$$As = \frac{0,03 \text{ m}^3/s}{7,08 * 3,33 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$$

$$As = 12,72 \text{ m}^2$$

Velocidad de flujo entre placas

$$vo = \frac{Q}{As * \sin \theta}$$

$$vo = \frac{0,03 \text{ m}^3/s}{12,72 \text{ m}^2 * \sin 45} * 100 = 0,336 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Numero de Reynolds

$$NR = \frac{4 * RH * vo}{v}$$

$$NR = \frac{4 * 4,06 \text{ cm} * 0,33 \text{ cm/s}}{0,013 \text{ cm}^2/s} = 412$$

Velocidad Longitudinal máxima

$$Vo = \frac{NR^{0,5}}{8} * v$$

$$Vo = \frac{412^{0,5}}{8} * \frac{0,033 \text{ cm}}{\text{s}} = 0,24 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 14 \text{ cm/min}$$

6.2.3.2. PTAP 2

Área superficial



$$As = \frac{0,04 \text{ m}^3}{7,08 * 3,33 \times 10^{-4}}$$

$$As = 16.96 \text{ m}^2$$

Velocidad de flujo entre placas

$$v_o = \frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{16,96 \text{ m}^2 * \sin 45} * 100 = 0,283 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Numero de Reynolds

$$NR = \frac{4 * RH * v_o}{\nu}$$

$$NR = \frac{4 * 4,32 \text{ cm} * 0,283 \text{ cm}/\text{s}}{0,013 \text{ cm}^2/\text{s}} = 376$$

Velocidad Longitudinal máxima

$$V_o = \frac{376^{0,5}}{8} * \frac{0,033 \text{ cm}}{\text{s}} = 0,23 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 16 \text{ cm}/\text{min}$$

Teniendo en cuenta la legislación los *Numero de Reynolds* pueden tener un valor de hasta 500, por lo tanto, la PTAP 1 y 2 están cumpliendo con este parámetro de diseño de igual manera la velocidad longitudinal media (V_o) en los elementos tubulares comúnmente se adopta entre 10 y 25 cm/min donde para la PTAP 1 fue de 14 cm/min y para la PTAP 2 de 16 cm/min, cumpliendo de igual manera, Por otro lado la velocidad de flujo para las dos plantas en menos a 1 cm/s, por lo tanto cumple con lo establecido en la Res 0330.

6.2.4. Proceso de Filtración

El manejo de esta unidad para la PTAP 1 y 2 es a través de un filtro tasa declinante y lavado mutuo, compuesto de 4 unidades y un lecho filtrante doble, con 3 capas de Arenilla, arena y antracita, los cuales manejan caudales de acuerdo a la PTAP seleccionada.

Tabla 10 Parámetros filtración PTAP 1

Parámetro	Descripción
Filtros	4
Caudal (l/s)	7,5
Ancho(m)	0,8
Largo (m)	0,9
Profundidad(m)	4
Área (m²)	0,72

Fuente: (Autores,2020)

Tabla 11 Parámetros filtración PTAP 2

Parámetro	Descripción
Filtros	4
Caudal (l/s)	10
Ancho(m)	1,62
Largo (m)	2,22
Profundidad (m)	4
Área (m²)	3,57

Fuente: (Autores,2020)

Tabla 12 Características del lecho filtrante

Característica	Arena	Antracita
Espesor (L)(cm)	25	50
Tamaño efectivo (mm)	0,50	0,90
Coefficiente de uniformidad	1,63	1,74
Tamaño más fino (mm)	0,42	0,59
Tamaño más grueso (mm)	1,41	2,0
Densidad (ps-ant) (g/cm³)	2,65	1,5
Porosidad (eo)	0,42	0,45

Fuente: (Autores,2020)

Perdida de carga de la arena

$$hf = (1 - eo) - \left(\frac{ps - pa}{pa} \right) * L$$

$$hf = (1 - 0,42) - \left(\frac{2,65 \text{ g/cm}^3 - 1 \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right) * 0,25 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$$

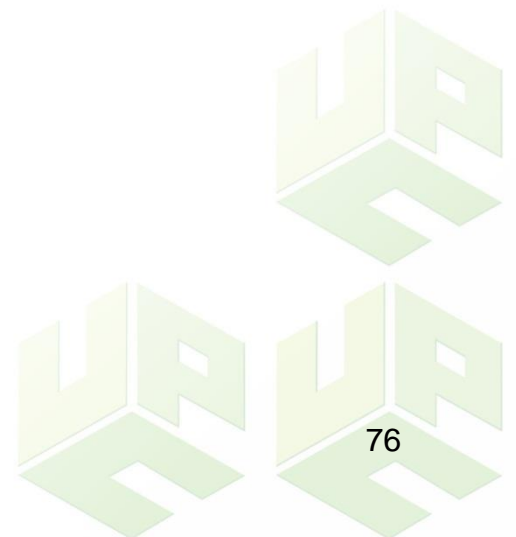
Perdida de carga de la antracita

$$hf = (1 - 0,45) - \left(\frac{1,5 \text{ g/cm}^3 - 1 \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right) * 0,50 \text{ m} = 0,14 \text{ m}$$

Perdida de carga Total

$$hf = 0,24 + 0,14$$

$$hf = 0,38 \text{ m}$$



6.2.5. Proceso de desinfección

El proceso de desinfección o cloración se realiza a través de un tanque de contacto, el cual trabaja con el caudal total de la PTAP 1 y 2, por medio del uso de cilindros de acero se da el almacenamiento del cloro líquido.

Tabla 13 Parámetros Desinfección

Parámetro	Descripción
Caudal (l/s)	70
Ancho (m)	0,55
Largo (m)	2,1
Profundidad (m)	5,12
Volumen (m3)	5,9

Fuente: (Autores,2020)

Tiempo de contacto

$$VolTc = QT$$

$$T = \frac{VolTc}{Q}$$

$$T = \frac{5,9 \text{ m}^3}{0,07 \text{ m}^3/\text{s}} = 84,3 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

En este parámetro no está cumpliendo con la legislación vigente, donde determina un tiempo de contacto mínimo de 20min, lo que claramente afecta en gran manera a la eficiencia de la unidad.



6.3. ETAPA III, PLANTEAR Y DETERMINAR LAS MEDIDAS NECESARIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO, DE TAL MANERA QUE PUEDAN CONLLEVAR A LA PRESTACIÓN DE UN SERVICIO EFICIENTE, CONTINUO DE BUENA CALIDAD, TAL COMO LO ESTABLECE EL ARTÍCULO 5 DE LA LEY 142 DE 1994.

En el desarrollo de la tercera etapa del proyecto se formularon un conjunto de estrategias de mejoramiento de acuerdo a los diferentes procesos de tratamiento de agua Potable, por lo tanto, se plantean las siguientes acciones generales:

- Debe formularse un programa de higiene y limpieza que incluya los parámetros que deben tener para el correcto manejo de las unidades en todo proceso de tratamiento de agua en general, de tal manera que los operadores estén capacitados.
- Se debe plantear la contratación de un segundo operador por turno, ya que teniendo en cuenta el manejo de tres PTAP para una sola persona no es lo ideal.
- Dotar de equipos y puesta en marcha del laboratorio, a través de pruebas de jarra, turbidímetro, PH-metro, dosificadores, entre otros, que permitan conocer las condiciones del agua cruda y tratada.

6.3.1. Proceso de Coagulación-Mezcla rápida

Esta es una de las unidades y proceso de mayor importancia en el sistema de tratamiento de agua potable, en el desarrollo de las etapas anteriores se encontraron diferentes falencias, las cuales son necesarias su mejoramiento para una óptima eficiencia.

- Teniendo en cuenta que la unidad de mezcla rápida es una canaleta parshall, deben aprovechar su doble función y hacer mediciones de caudales en horas estratégicas, lo que será fundamental para los procesos de dosificación del coagulante.



- Se debe supervisar las condiciones de entrada de agua, de acuerdo al tratamiento preliminar de los decantadores.
- Capacitar al personal operativo acerca del tipo de coagulante, dosificación y aplicación en la mezcla rápida.
- Deben implementar el uso de un dosificador en solución para garantizar la adecuada distribución del coagulante.
- Instalación de un dispositivo de control del resalto hidráulico aguas abajo.

6.3.2. Proceso de Floculación

- Es necesario dotar el laboratorio con un equipo de prueba de jarras, ya que este ensayo es el que muestra las condiciones óptimas para el proceso.
- Se deben establecer horarios de control de la altura del agua, lo que es fundamental para la eficiencia de la eficiencia de esta unidad.
- Realizar caracterizaciones físico-químicas a la salida de los floculadores para evaluar las condiciones del tratamiento y si se está dando la remoción necesaria.

6.3.3. Proceso de sedimentación

- Es necesario reformar la unidad de sedimentación para la PTAP 1, donde se construya una entrada de acceso para la zona de acumulación de lodos que permita la limpieza.
- La inclinación de las placas es de 45°, por lo tanto, debe rediseñar este parámetro, ya que de acuerdo a la legislación se debe trabajar con inclinaciones entre 55° y 60°
- Capacitar al personal operativo en la descarga de lodos y limpieza de los mismos.
- Al momento del inicio de la operación de la unidad debe medirse los parámetros de turbiedad y color.



- Es necesario desarrollar un estudio de las características de los lodos.
- Se debe implementar un tratamiento de los lodos producidos, lo que disminuya la contaminación por este tipo de residuos.

6.3.4. Proceso de filtración

- Debe medirse la turbiedad de entrada de los filtros, donde no supere 8.0 UNT y el color no mayor de 20 UC, de tal manera que se pueda garantizar la eficiencia del proceso.
- Es necesario capacitar al personal acerca de un adecuado lavado de los lechos filtrantes, proceso no realizado actualmente.

6.3.5. Proceso de desinfección

- Deben realizarse la respectiva caracterización del agua, de tal manera que se pueda obtener la dosis óptima del cloro.
- Es necesario determinar el punto donde se dé la mezcla óptima para el proceso de cloración.
- La concentración del cloro residual es un parámetro muy importante y debe medirse a la salida del tanque verificando que cumpla con la legislación.

6.4. ETAPA IV, FORMULAR EL PLAN DE CONTINGENCIA DE ACUERDO CON EL DECRETO 2157 DE 2017.

En la etapa última del proyecto se presentó de acuerdo al Decreto 2157 de 2017 el Plan de Emergencia y contingencia para la Planta de Tratamiento de Agua Potable, en el municipio de Becerril en el departamento del Cesar, ANEXO 1.

7. CRONOGRAMA.

Tabla 14. Cronograma del proyecto.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.													
EVALUACION HIDRAULICA Y PLAN DE CONTINGENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR.													
ETAPAS DEL PROYECTO	ACTIVIDADES	Duración del proyecto:											
		SEMANAS:12											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etapa I.	Actividad 1.1. Recopilación de la información existente.												
	Actividad 1.2. Visita de campo.												

8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

Tabla 15. Presupuesto del proyecto.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

EVALUACION HIDRAULICA Y PLAN DE CONTINGENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR.

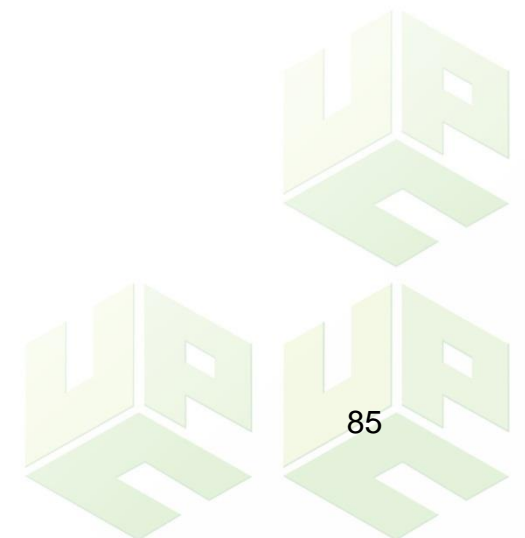
DESCRIPCIÓN DE LOS RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Recursos humanos				
Director de proyecto	Mes	4	\$1.660.000	\$6.640.000
Asesor	Mes	4	\$828.116	\$3.313.000
Trabajador de campo	Mes	4	\$828.116	\$ 3.313.000
Implementos				
necesarios para realizar el estudio de manera adecuada (Trazadores, Metros,		General	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000



calculadoras
implementos de
seguridad, Papelería
etc.).

Transporte	Viaje	18	\$ 20.000	\$ 360.000
			Subtotal	\$14.626.000
			Imprevistos (3%)	\$438.780
			Valor Total	\$15.064.780

Fuente: Autores, 2019.



9. CONCLUSIONES

En el desarrollo del proyecto de investigación mediante la observación directa, se identificaron las condiciones operativas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para el municipio de Becerril, compuesta por 3 PTAP, donde algunas unidades de tratamiento presentaban deficiencias significativas que llegan a afectar la eficiencia de los procesos, en la mezcla rápida por medio de la *Canaleta Parshall*, los procesos de dosificación del coagulante no están siendo realizados por parte de los operadores, lo que no garantiza que se dé una adecuada coagulación.

Para el proceso de Floculación su mayor problemática es el no desarrollo del ensayo de prueba de jarras que permita obtener la misma dosis del coagulante y por lo tanto está afectando la formación del FLOC, principalmente en la PTAP 1, que de acuerdo con la evaluación hidráulico no se están cumpliendo con el parámetro de gradiente de velocidad por parte de la CEPIS, lo que apoya que la agitación del agua en esta unidad no es la óptima.

En el estudio de comportamiento hidráulico en la floculación los parámetros de Numero de Reynolds y la velocidad media se encuentra dentro de los parámetros de la CEPIS, por lo tanto, esto no demuestra que la geometría de la unidad es óptima, que las falencias pueden deberse a los procesos de operación actuales.

Para la sedimentación uno de las unidades con mayores deficiencias principalmente en la PTAP 1, la más antigua, la cual no tiene acceso a la zona de decantación de los lodos, por lo tanto, la limpieza es ineficaz, sumando el hecho de que la formación del FLOC es pobre disminuye su eficiencia.

Los lechos filtrantes no se le está realizando el adecuado proceso de lavado, lo que es fundamental para la retención de partículas, esto demuestra que de las principales problemáticas para todo el sistema de tratamiento de agua es el poco conocimiento por parte de los operadores de las adecuadas técnicas de operación

para las unidades de la planta y además que solo existe un encargado por turno para el control de todas las Plantas.

El laboratorio no cuenta con reactivos ni equipos por lo tanto en el momento no está en funcionamiento, lo que permitió determinar que no se realizan ningún tipo de pruebas o ensayos al agua cruda o tratada o dentro de las unidades de tratamiento.

Mediante este proyecto se pudo determinar todas estas problemáticas operativas y conocer el comportamiento hidráulico, que llevaron a la formulación de recomendaciones para cada uno de las unidades y finalmente se planteó un Plan de Gestión de Riesgo de Desastre, donde se evaluó la vulnerabilidad y se identificó las amenazas a la que se encuentra expuesto el sistema de tratamiento, siendo principalmente para fenómenos meteorológicos como inundaciones, lluvias fuertes, tormentas eléctricas, para el tipo biológico como derrames y fallas estructurales.

De acuerdo con lo anterior se formularon planes de acción para estos riesgos de mayor importancia, que deben ser aplicados.

Finalmente, claramente es un sistema de tratamiento que presenta falencias significativas y por lo tanto es necesario que la entidad EMBECERRIL E.S.P., realice de manera urgente las adecuaciones necesarias que puedan garantizar una calidad de agua apta para el consumo humano.

10. RECOMENDACIONES

- Es necesario formular un manual de buenas prácticas de operación y mantenimiento para la Planta de Tratamiento de Agua potable de Becerril-Cesar.
- Se deben formular un plan de seguimiento y monitoreo para el Plan de Gestión de Riesgo de desastres.
- El personal operativo debe ser capacitado para los procesos de lavado de unidades, ensayo de pruebas de laboratorio, dosificación, entre otros aspectos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento.
- Realizar caracterizaciones físico-químicas en la entrada y salida de la cada unidad de tratamiento.
- Se debe tener en cuenta las recomendaciones dadas en este proyecto de investigación para cada unidad.
- La entidad no cuenta con planos de las unidades de tratamiento del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Becerril. (2020). *Información general del municipio*. Obtenido de ALCALDIA MUNICIPAL DE BECERRIL-CESAR: <http://www.becerril-cesar.gov.co/municipio/informacion-general>
- Alvarez, M., Angarita, T., & Bejarano, N. (2008). *EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LA HUARICHA" DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS EMDUPAR S.A.E.S.P EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR CESAR*. Valledupar.
- AREANDINA. (2018). *PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LAS ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS ANALISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD*. Valledupar.
- Consultor. (2017). *ATRIBUTOS SERVICIOS PUBLICOS*.
- Dirreccion de Gestion del Riesgo. (2010). *Guia Municipal para la Gestion del Riesgo*.
- EMDUPAR . (2018). *PLAN DE VULNERABILIDAD Y CONTINGENCIA EMDUPAR S.A. E.S.P*. Valledupar.
- Gomez, C. L. (2014). *EVALUACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO DE LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE CHIMICHAGUA-CESAR*. VALLEDUPAR.
- Municipio de Becerril. (2015). *MANUAL ESPECÍFICO DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS*. Becerril.
- PILON, E. (Julio de 2016). Solo 10 municipios del Cesar tienen agua apta para consumo humano.
- PNUD. (2012). *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País*.

Romero, J. A. (2010). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: Teorías y principio de diseño* . Bogota D.C.: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA .

Superintendencia. (2018). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESAS DE SERVICIOS PUBLICOS DE BECERRIL EMBECERRIL E.S.P. SUPERSERVICIOS.*

Superservicios. (2018). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE BECERRIL - EMBECERRIL E.S.P.* Bogota D.C.

Superservicios. (2018). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE BECERRIL - EMBECERRIL E.S.P.* Bogota D.C.

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigacion cientifica, 4° Edicion.*

Vanegas Padilla, A. P., & Vergara Rada, L. J. (2008). *EVALUACION HIDRAULICA DE LOS PROCESOS UNITARIOS Y PLAN DE CONTINGENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE AGUSTIN CODAZZI- CESAR.* Valledupar-Cesar.

ANEXOS

ANEXO 1

PLAN DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRE EMBECERRIL E.S.P



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

1. INTRODUCCION

Teniendo en cuenta el Decreto 2157 del 2017 que exige el cumplimiento del Plan de Gestión de Riesgo de Desastres para empresas públicas y privadas, en la empresa EMBECERIL S.A. E.S.P., la encargada de la prestación de los servicios públicos de saneamiento básico para el municipio de Becerril en el departamento del Cesar, de acuerdo a esto nace este documento para cumplimiento de lo exigido.

En este apartado se establece una descripción de las actividades y servicios dentro de la empresa y posteriormente se da inicio a la identificación de Riesgos y Amenazas, donde se explica la metodología de acuerdo a la Guía Municipal de Gestión del Riesgo.

Teniendo en cuenta a lo anterior se hace una valoración del riesgo para identificar los que presentan un Riesgo; Muy Alto, Alto, Medio o Bajo; evaluando aspectos como Vulnerabilidad, Ocurrencia y Riesgo

Finalmente se elaboran programas de acción de Contingencia donde se determinan las acciones de respuestas frente a las amenazas que presenten un mayor riesgo hacia el personal y Población.

2. JUSTIFICACION

En nuestro país independiente del producto o servicio que ofrezca cualquier empresa, está expuesta a Riesgos y Amenazas, ya sean Naturales, de origen Humano; teniendo en cuenta esto, es de gran importancia desarrollar un Plan de Gestión de Riesgo de Desastres, que nos permita conocer los eventos a los cuales se encuentra expuesta y de qué manera se pueden implementar respuestas en pro de mitigar y prevenir los impactos.

Para poder responder ante cualquier emergencia es esencial primeramente identificar frente a que amenazas nos tenemos que preparar, lo cual nos permite determinar este plan.

Todo esto con el apoyo del Decreto 2157 del 2017 que nos ayuda a desarrollar los instrumentos necesarios que nos permitan reducir riesgos, mediante estrategias prospectivas y correctivas de igual manera, que la compañía desarrolle un enfoque de desarrollo sostenible en todo el proceso que realice.



3. ALCANCE

Desarrollar un Plan de Gestión de Riesgo de Desastres para la compañía EMBECERRIL S.A. E.S.P, para el sistema de Tratamiento de Agua potable que nos permita conocer y analizar las amenazas existentes, evaluar su vulnerabilidad y grado de Riesgo para posteriormente desarrollar Planes de acción de Contingencia

4. MARCO CONCEPTUAL

ALARMA: aviso por el cual se informa a la comunidad para que sigan instrucciones específicas de emergencia debido a la presencia real o inminente de una amenaza (AREANDINA, 2018)

ALERTA TEMPRANA: Provisión de información oportuna y eficaz a través de instituciones identificadas, que permiten a individuos expuestos a una amenaza, la toma de acciones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para una respuesta efectiva (AREANDINA, 2018).

AMENAZA: Un fenómeno, situación de riesgo, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (EMDUPAR , 2018).

BRIGADA DE EMERGENCIAS: Grupo operativo con entrenamiento para atender emergencias incipientes. (AREANDINA, 2018).

CALAMIDAD PÚBLICA: situación en la cual se presenta daño o alteración de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental, que no requiera en su fase de recuperación de acciones de reconstrucción, bastando con las de rehabilitación para recuperar la normalidad (AREANDINA, 2018).

CORRECTIVA: Se refiere a la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir los riesgos ya existentes (PNUD, 2012).

DESASTRE: Se define como la ocurrencia de un fenómeno natural, que conlleva a unas situaciones de daños y afectaciones a una población, incluyendo pérdidas

materiales, muertes y la interrupción en el funcionamiento normal de vida, impactos económicos y ambientales (EMDUPAR , 2018)

EVACUACIÓN: período durante el cual la comunidad responde a la inminencia del desastre, reubicándose provisionalmente en una zona segura (AREANDINA, 2018).

FENÓMENO DEL NIÑO: fenómeno climático relacionado con el calentamiento del Pacífico Oriental Ecuatorial, el cual se manifiesta erráticamente cíclico, que consiste en realidad en la fase cálida del patrón climático del Pacífico ecuatorial denominado (EMDUPAR , 2018).

GRAVEDAD: Grado de afectación resultante de un evento (AREANDINA, 2018).

GESTIÓN DEL RIESGO: Es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país (PNUD, 2012).

IMPACTO: Acción directa de una amenaza sobre un grupo de personas, sobre sus bienes, infraestructura y el medio ambiente. Deriva en un desastre o emergencia de determinadas proporciones, dependiendo de las características del evento y de la vulnerabilidad de la población afectada (AREANDINA, 2018).

PROSPECTIVA: Implica abordar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo (PNUD, 2012).

REACTIVA: implica la preparación y respuestas a emergencias (PNUD, 2012).

RECUPERACIÓN: restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación de las líneas vitales indispensables y la reparación inmediata del daño físico sufrido (EMDUPAR , 2018).

RESILIENCIA: La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de

manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (EMDUPAR , 2018).

RIESGO: Es el resultado de una evaluación, generalmente probabilística, de que las consecuencias o efectos de una determinada amenaza excedan valores prefijados (EMDUPAR , 2018).

URGENCIA: alteración de la integridad física o mental de una persona causada por un trauma o por una enfermedad de cualquier etiología que genere una demanda de atención médica inmediata y efectiva, tendiente a disminuir los riesgos de invalidez y muerte (AREANDINA, 2018).

VÍCTIMA: todas aquellas personas lesionadas, damnificadas o afectadas por la ocurrencia del desastre (AREANDINA, 2018).

VULNERABILIDAD: es el grado de predisposición intrínseca de un sujeto o sistema a sufrir una pérdida por un determinado factor de riesgo al cual se está expuesto (AREANDINA, 2018).

5. MARCO LEGAL

Norma	Descripción
Ley 142 de 1994	Establece en los artículos 160 a 166 disposiciones especiales para la prestación eficiente de servicios de agua potable y saneamiento, como lo es el diseño y la coordinación de programas de investigación científica, tecnológica y administrativa para el desarrollo del sector.
Ley 1523 del 2012	Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, esta Ley permite establecer medidas directas para la prevención y mitigación de riesgos por medio de la planeación Nacional, Departamental y Municipal. Establece la corresponsabilidad de los sectores públicos privados y de la comunidad frente a los riesgos naturales por medio del conocimiento del riesgo, la prevención de riesgos y el manejo de desastres
Decreto 4147 de 2011	Asegura la coordinación y transversalidad en la aplicación de las políticas Define para la Unidad: personería jurídica, autonomía administrativa y financiera, patrimonio

	propio, nivel descentralizado y adscrita la Presidencia de la República Dirige y coordina el SNPAD Promueve articulación de los sistemas nacionales de: Planeación, Bomberos, Ambiente, Gestión de Riesgo, ciencia y tecnología
Decreto 2157 del 2017	por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 154 de 2014	Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones.

6. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO E INFORMACION GENERAL

Se encuentra localizado en la zona Noreste del Departamento del Cesar y sus coordenadas extremas son: Latitud Norte, entre 9°-53'-23" y 9°-38'-38"; Latitud Este - Oeste, 72°56'-08" y 73°38'34", según Meridiano de Greenwich (Alcaldía de Becerril, 2020).



Ilustración 18 Ubicación geográfica del municipio de Becerril

Fuente: (Alcaldía de Becerril, 2020)

La región económica donde se ubica el municipio de Becerril - Cesar se circunscribe a la región centro del departamento del Cesar, zona que reúne características similares en cuanto a posición Geográfica, potencial del subsuelo, niveles de

desarrollo socioeconómico, usos actuales y potenciales de los suelos, en algún momento se intentaron y sostuvieron relaciones de asociatividad, actividades económicas. (Alcaldía de Becerril, 2020).

El municipio está conformado administrativamente por 2 corregimientos (Estaos Unidos y La Guajirita) dos (2) resguardos indígenas (Yukpa y WIWA) y 57 veredas La Cabecera Municipal se encuentra conformada por la Zona Centro y los Barrios: San José, San Luis, Trujillo, La Esperanza, Santo Tomas, La Candelaria, Sourdis, Maracas, Once de Abril, Divino Niño, Seis de Enero, Alto Prado, Becerril Plaza, Los Cárpanos, La Urbanización Maracas y Altos del Divino Niño (Alcaldía de Becerril, 2020)

El ecosistema estratégico de la Serranía del Perijá, la Troncal de Oriente que atraviesa el territorio de Sur a Norte, agricultura, ganadería, potencial minero (carbón) identificado al Oeste del territorio; la disponibilidad en algunos centros (Codazzi, Valledupar, La Jagua, Barranquilla; Bucaramanga, Venezuela) que ofrecen funciones urbanas diversas. Así mismo la presencia de la población indígena (Yukpas, Arzarios) (Alcaldía de Becerril, 2020)..

Además de su riqueza ambiental por los servicios de sus RNR, la subregión también cuenta con importantes RN no renovables, como los carboníferos. (Alcaldía de Becerril, 2020).

La Empresa de Servicios Públicos de Becerril E.S.P. – EMBECERRIL E.S.P. es una entidad del orden municipal, creada mediante Decreto No. 068 de mayo de 1990, como un establecimiento autónomo. (Superservicios, 2018)

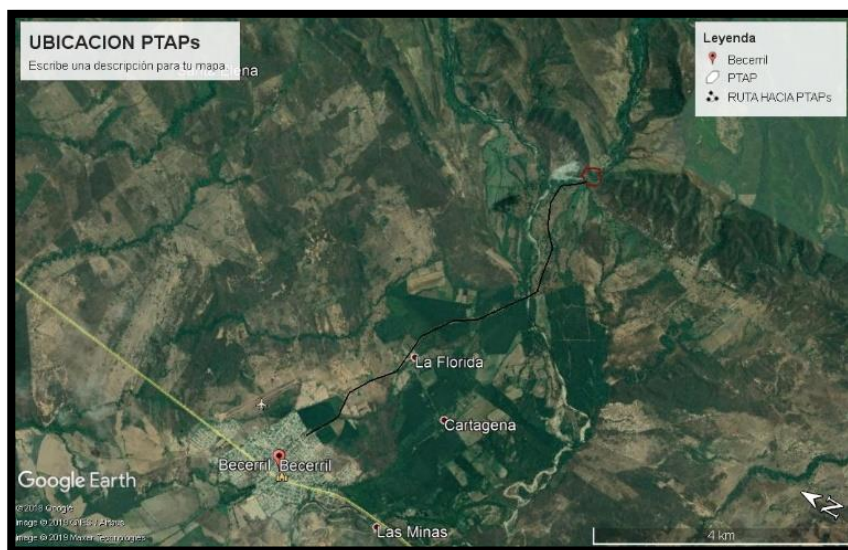


Ilustración 19 Ubicación PTAPs.

Fuente: Google Earth, 2019

El capital con el que se constituyó y funciona, al igual que su patrimonio, es de naturaleza pública, siendo su único propietario el Municipio de Becerril. EMBECERRIL E.S.P. presta servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, así como las actividades complementarias propias de todos y cada uno de estos servicios, de conformidad con la información suministrada en la última actualización efectuada por la Empresa en el Registro Único de Prestadores - RUPS, mediante radicado 20184230319661 de 12 de marzo de 2018. A continuación, se describen los datos generales del Prestador: (Superservicios, 2018)

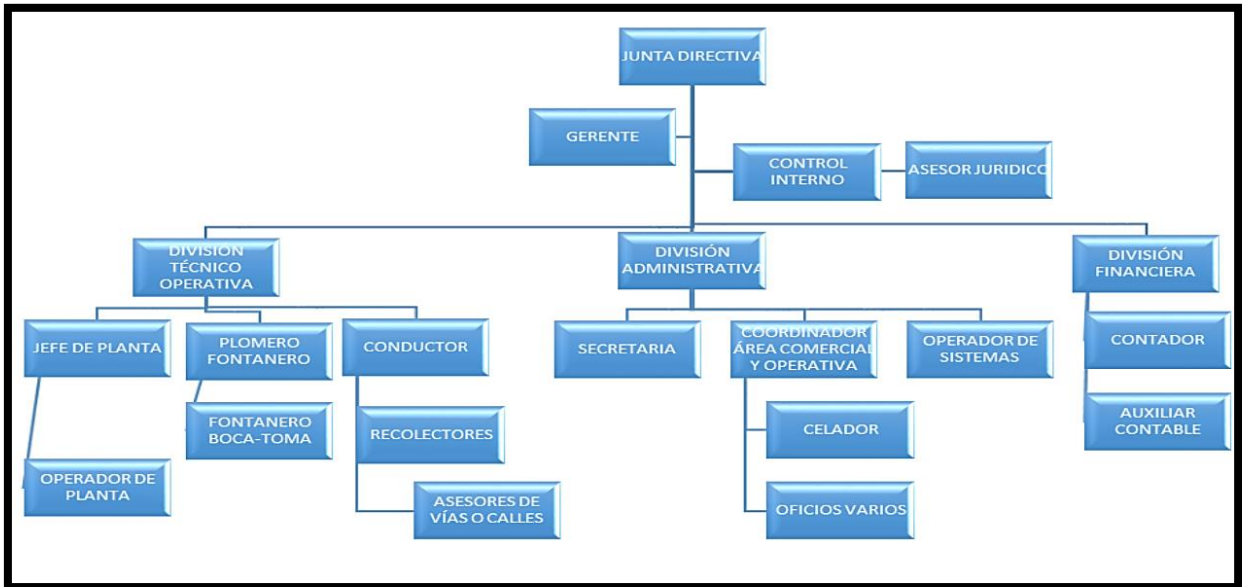


Ilustración 20 Organigrama Empresa de Servicios Públicos de Becerril - EMBECERRIL E.S.P

Fuente: EMBECERRIL E.S.P.

El sistema de abastecimiento del municipio de Becerril se compone de dos (2) captaciones en fuentes hídricas superficiales, tres (3) Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y su red de distribución no está sectorizada hidráulicamente y funciona a gravedad. A continuación, se analiza en mayor detalle cada uno de los componentes del sistema (Superservicios, 2018)

El sistema de tratamiento del acueducto está conformado por tres (3) plantas de tipo convencional, construidas en concreto: la primera construida en 1982 con una capacidad nominal de 40.0 L/s, mientras que la segunda construida en 1996 con una capacidad nominal de 30.0 L/s; y en la tercera tiene una capacidad de 50 L/s, por lo tanto, la capacidad instalada total de tratamiento es de 120 L/s (Superservicios, 2018)

7. IDENTIFICACION DE AMENAZAS

El primer paso para la gestión del riesgo consiste en identificar las amenazas existentes a las cuales se encuentra expuesto los sistemas de Tratamiento de Agua potable, para desarrollar este punto se tuvo en cuenta los Fenómenos amenazantes expuestos en la Guía Municipal de Gestión del Riesgo determinada por la Dirección de Gestión del Riesgo

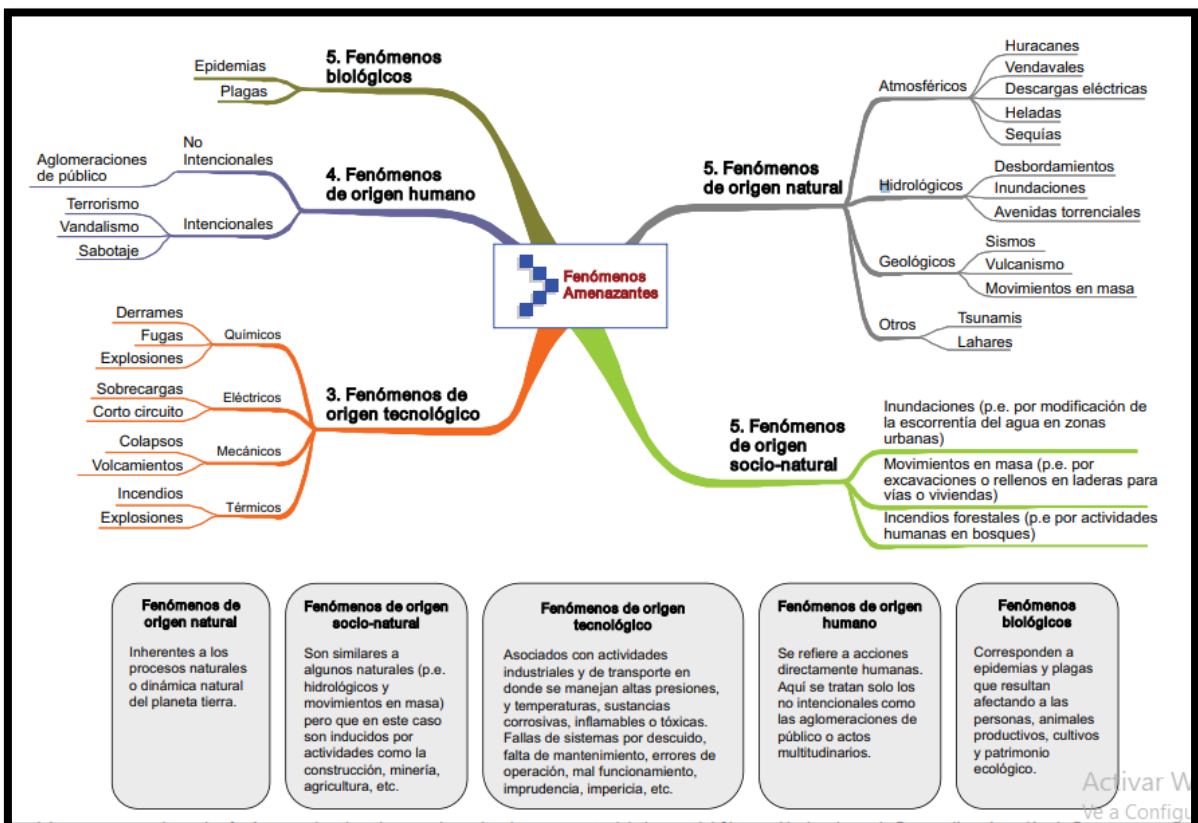


Ilustración 21 Principales fenómenos amenazante en la relación desarrollo – riesgo – desastres en el municipio

Fuente: (Dirección de Gestión del Riesgo, 2010)

Teniendo en cuenta la imagen anterior seleccionamos los fenómenos ya sean de origen Natural, Sociales, tecnológicos y Biológicos que pueden afectar o impactar la infraestructura de la compañía

8. CARACTERIZACION DEL RIESGO

Para la caracterización o evaluación de los riesgos se estimará la probabilidad de ocurrencia de cada amenaza ya previamente identificado y le damos nomenclatura de acuerdo a lo expuesto

8.1. Probabilidad

Permite identificar cada cuanto se materializan o han ocurrido los eventos, ésta variable está determinada factor de tiempo en años; ejemplo: cada cuanto ha ocurrido un sismo, un incendio, un robo. (SURA, 2016)

Tabla 16 Índice de Ocurrencia

<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Descripción</u>	<u>Valor</u>
B	Baja	El evento no se ha presentado pero puede presentarse o se presentó por lo menos 1 vez entre los últimos 30 y 100 años	1
M	Media	El evento se presentó por lo menos 1 vez entre los últimos 10 y 29 años.	2
A	Alta	El evento se presentó por lo menos 1 vez entre los últimos 9 y 2 años.	3
MA	Muy Alta	El evento se presentó por lo menos 1 vez en los últimos 2 años (24 meses).	4

Fuente: (SURA, 2016)

8.2. Severidad

La severidad del riesgo es definida como las consecuencias posibles de un evento o condiciones inseguras, tomando como referencia el peor escenario (la peor situación) previsible. El cuadro que se observa más adelante es un ejemplo, la organización deberá desarrollarlo con base en su tipo de provisión de servicios y los daños potenciales previsible. De cualquier manera, cada definición cualitativa debe

ser clara y consecuente con parámetros reales de severidad teniendo en cuenta potenciales daños a personas o equipamiento, infraestructura o en general en la provisión de sus servicios que afectare la operación (PGRD restaurante "S'QUISITOS comidas rápidas y parrilla", 2019)

Tabla 17 Índice de severidad

SEVERIDAD				
Nomenclatura	Nombre	Descripción	-	Valor
B	Baja	Lesión sin incapacidad		1
		Incomodidad		
M	Media	Lesión con incapacidad temporal		2
		Daño a la salud reversible		
A	Alta	Lesión con incapacidad permanente		3
		Daño a la salud irreversible		
MA	Muy Alta	Muerte		4

Fuente: (PGRD restaurante "S'QUISITOS comidas rápidas y parrilla", 2019)

8.3. Valoración de riesgos

Teniendo en cuenta que ya identificamos la probabilidad y la severidad de nuestras amenazas de acuerdo con la metodología expuesta hallaremos la valoración inicial del riesgo mediante, que vamos a enfrentar los valores de Probabilidad y severidad que nos permita valorar el riesgo.

Tabla 18 Nivel del Riesgo

PROBABILIDAD	MUY ALTA	MODERADO	IMPORTANTE	CRITICO	CRITICO
	ALTA	MODERADO	IMPORTANTE	IMPORTANTE	CRITICO
	MEDIA	BAJO	MODERADO	IMPORTANTE	IMPORTANTE
	BAJA	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO
		BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
		SEVERIDAD			

Fuente: (PGRD restaurante "S'QUISITOS comidas rápidas y parrilla", 2019)

8.4. Análisis de amenaza

Tabla 19 Identificación y análisis de la amenaza

AMENAZAS						
	Origen	Subtipo	Tipo de amenaza	Nivel de Probabilidad	Nivel de Severidad	Valoración inicial del riesgo
1	Natural-Hidrometeorológico	Tormentas eléctricas	Externa	Alta	Baja	Moderado (2)
2		Lluvias Fuertes y Granizadas	Externa	Alta	Baja	Moderado (2)
3		Inundaciones	Externa	Muy alta	Media	Importante(3)
4		Vientos Fuertes y Vendavales	Externa	Baja	Media	Bajo (1)
5	Tecnológico/química	Derrames/fugas	Interna	Media	Alta	Importante(3)
6	Biológicos	Epidemias/plagas	Externa	Baja	Media	Bajo (1)
7	Natural - Geológico	Movimientos Sísmicos	Externa	Alta	Alta	Importante(3)
8	Tecnológico	Incendios	Interna	Baja	Muy alta	Moderado (2)
9		Fallas estructurales	Interna	Muy alta	Alta	Critico (4)
10		Fallas en Equipos y/o Sistemas	Interna	Alta	Baja	Moderado (2)
11		Explosiones	Interna	Baja	Alta	Moderado (2)
12	Social	Hurto, robo, atraco	Externa	Baja	Alta	Moderado (2)

9. VULNERABILIDAD

Dentro del modelo los factores de vulnerabilidad identificados serán: (SURA, 2016)

- **Personas:** se subclasifica en Gestión Organizacional- Económico, social- Capacitación y entrenamiento, Características de Seguridad
- **Recursos:** Se subclasifica en Físicos, Equipos y Suministros
- **Sistemas y Procesos:** Servicios, continuidad y Recuperación, Ambiental

9.1. Calificación de la Vulnerabilidad

Para cada uno de los aspectos se desarrollan formularios que a través de las preguntas buscan de manera cualitativa dar un panorama general que le permita al evaluador calificar como Baja, Media o Alta, la vulnerabilidad de las personas, los recursos y los sistemas y procesos de su organización ante cada una de las amenazas descritas

Tabla 20 Calificación de Factor vulnerabilidad

FACTOR DE VULNERABILIDAD		
<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Valor</u>
MA	Muy Alta	0 - 0.7
A	Alta	0.8 - 1.5
M	Media	1.5 - 2.1
B	Baja	2.2 - 3

Fuente: (SURA, 2016)

Todas las variables consideradas, personas, recursos y sistemas y procesos serán calificadas de la misma manera, determinando un valor a cada uno de los parámetros, donde se asignará el valor de cero (0) si se carece o no se cuenta con el recurso, de cero cinco (0.5) cuando están presentes en forma parcial y uno (1) si se dispone de los elementos considerados. (SURA, 2016)

Tabla 21 análisis De Vulnerabilidad

Vulnerabilidad		Calificación
Personas	Gestión Organizacional	0,40
	Social Capacitación y entrenamiento	0,33
	Características de Seguridad	0
	Sumatoria Promedio	Muy alta 0,73
Recursos	Físicos	0,33
	Equipos	0,75
	Suministros	0,63
	Sumatoria Promedio	Alta 1,71
Sistemas y procesos	Servicios Continuidad	0,5
	Recuperación	0,33
	Ambiental	1
	Sumatoria Promedio	Alta 1.83
VULNERABILIDAD GLOBAL	Alta (4,27)	

Finalmente se obtuvo que para los factores:

- **Personas:** Vulnerabilidad Muy alta (0,73)
- **Recursos:** Vulnerabilidad Alta (1,71)
- **Sistemas y Procesos:** Vulnerabilidad Alta (1,83)

Con la sumatoria de los tres factores se llegó a una **VULNERABILIDAD GLOBAL ALTA (4,27)**

10. REDUCCION DEL RIESGO

Tabla 22 Plan de acción general

PLAN DE ACCION GENERAL
<p>Objetivos Determinar las medidas de respuesta frente a Desastre dentro de la compañía</p>
<p>Responsables: Coordinador de emergencias y desastres</p>
<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Botiquín ✓ Elementos de señalización ✓ Camillas ✓ Extintores ✓ Ruta de evacuación ✓ Plan de manejo de riesgo de desastres
<p>ANTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar simulacros en caso de presentarse amenazas ✓ Capacitar al personal acerca de los riesgos de desastre ✓ Contar con las señalizaciones respectivas ✓ Establecer puntos de encuentro ✓ Realizar diagnóstico del estado de sistemas, equipos, cimientos y redes electrónicas
<p>DURANTE.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantener la Calma ✓ Avisar a las autoridades competentes ✓ Ayudar a las personas que se encuentre a nuestro alrededor ✓ Seguir la Ruta de evacuación ✓ Recordar los puntos de encuentro

DESPUES

- ✓ Evaluar los daños respectivos
- ✓ Atender a las personas afectadas
- ✓ Emitir informes correspondientes
- ✓ Desarrollar planes de acción

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 23 Plan de emergencia por tormentas eléctricas

PLAN DE EMERGENCIA POR TORMENTAS ELECTRICAS
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer las acciones y procedimiento en caso de Tormentas eléctricas.
<p>Responsables:</p> <p>Coordinador de emergencias y desastres</p>
<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Botiquín ✓ Elementos de señalización
<p>TORMENTAS ELÉCTRICAS</p> <p>Es un fenómeno meteorológico interesante y a menudo temido, debido a su peligrosidad y el ruido que provoca. Las tormentas eléctricas se traducen en lluvias intensas y abundantes que traen consigo truenos fuertes pero de corta duración, después de los cuales se vislumbran los rayos o relámpagos.</p>
<p>ANTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Asegurar puertas y ventanas donde pueda existir entrada de humedad ✓ Alejar los equipos electrónicos de puertas y ventanas ✓ Realizar un diagnóstico de la infraestructura y como pueda verse afectada
<p>DURANTE.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conservar la calma ✓ No operar y desconectar aparatos electrónicos

- ✓ No salir del lugar
- ✓ Mantenerse atento frente a las indicaciones de los responsables del manejo de amenazas
- ✓ Alejarse de estructuras metálicas

DESPUES

- ✓ Fijarse si alguien necesita ayuda
- ✓ Mantenerse alejados de los cables de electricidad
- ✓ Seguir las indicaciones de brigadistas

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 24 Plan de emergencia por movimientos sísmicos

PLAN DE EMERGENCIA POR MOVIMIENTOS SISMICOS
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar las medidas de coordinación en caso de movimientos sísmicos ✓ Establecer los procedimientos de respuesta del personal
<p>Responsables: Coordinador de emergencias y desastres</p>
<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ruta de evacuación ✓ Señalizaciones ✓ Camillas ✓ Botiquín
<p>MOVIMIENTO SÍSMICO Es un movimiento vibratorio producido por la pérdida de estabilidad de masas de corteza. Cuando el movimiento llega a la superficie y se propaga por ésta le llamamos terremoto.</p>

ANTES

- ✓ Realizar inspecciones acerca del estado físico del lugar
- ✓ Organizar, escritorios y estantes pesados que puedan atornillarse a las superficies
- ✓ Desarrollar mantenimiento en la infraestructura
- ✓ Se deberán desarrollar simulacros anuales con todo el personal administrativo y técnico

DURANTE.

- ✓ Conservar la calma
- ✓ Evaluar la situación a la cual se encuentra expuesto
- ✓ Buscar refugio en lugares seguros como debajo de un escritorio
- ✓ Dar aviso a las personas de su alrededor que se protejan

DESPUES

- ✓ Mantenerse alerta, por si existe una réplica del sismo
- ✓ Seguir las instrucciones de evacuación ya determinadas
- ✓ Verificar que las vías de acceso se encuentren libres
- ✓ Tener precaución con escombros y vidrios rotos que puedan encontrarse

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 25 plan de emergencia por incendios

PLAN DE EMERGENCIA POR INCENDIOS	
Objetivo	Determinar las medidas de respuesta frente a Incendios
Responsables:	Coordinador de emergencias y desastres
Recursos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Extintores

- ✓ Señalizaciones
- ✓ Botiquines
- ✓ Camillas
- ✓ Alarma contra incendio
- ✓ Rutas de evacuación

INCENDIOS

Es un fuego incontrolado. Sus efectos son generalmente no deseados, produciendo lesiones personales por el humo, gases tóxicos y altas temperaturas, y daños materiales a las instalaciones, productos fabricados y edificios.

ANTES

- ✓ No almacenar productos inflamables
- ✓ Realizar mantenimientos en el sistema de fluido eléctrico
- ✓ Capacitar al personal para el manejo de este tipo de amenazas
- ✓ No sobrecargar los enchufes eléctricos
- ✓ No fumar en las áreas de trabajo

DURANTE

- ✓ Conservar la calma y tranquilizar al personal que me rodea
- ✓ Si el fuego se extiende llamar a los Bomberos
- ✓ No abrir puertas o ventanas y evitar se extienda el fuego
- ✓ Buscar las salidas de emergencia

DESPUES

- ✓ Desechar bebidas que hayan estado expuesta al calor
- ✓ Realizar un diagnóstico de los daños físicos
- ✓ Determinar la causa de la emergencia
- ✓ Generar los reportes respectivos

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 26 Plan de emergencia por fallas estructurales

PLAN DE EMERGENCIA POR FALLAS ESTRUCTURALES
<p>Objetivo Determinar las acciones de emergencia en caso de Fallos estructurales</p>
<p>Responsables: Coordinador de emergencias y desastres</p>
<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Botiquín ✓ Señalizaciones ✓ Camilla ✓ Ruta de evacuación
<p>FALLAS ESTRUCTURALES Se refiere a los daños que hay dentro de una construcción, lo que no se ve, pero que podría poner en riesgo la seguridad de la edificación y las vidas de los habitantes de estas puede ser causado por fenómenos naturales, o también por la acción humana al darle un uso inadecuado, como fallas en la cimentación, por falta de mantenimiento o bien por construir de manera incorrecta y sin asesoramiento técnico adecuado.</p>
<p>ANTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar diagnósticos anuales de las condiciones estructurales ✓ Si es caso implementar mantenimientos preventivos en la infraestructura ✓ Señalización para el manejo de personal en caso de fallas ✓ Capacitar al personal para el manejo de estas amenazas
<p>DURANTE</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantener la calma y tranquilizar a los demás ✓ Activar los planes de respuesta ✓ Evacuar según las señalizaciones ✓ En caso de no poder evacuar, hacer llamada de ayuda ✓ Observar si existen personas atrapadas

DESPUES

- ✓ Clasificar las víctimas o afectados
- ✓ Evaluar los daños generados a la infraestructura
- ✓ Alejarse de estructuras que puedan caerse
- ✓ Destinar áreas para atención de afectados

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 27 Plan de emergencia por fallas en equipos

PLAN DE EMERGENCIA POR FALLAS EN EQUIPOS
<p>Objetivo Identificar las medidas de respuesta frente a una Falla de equipo y/o sistemas</p>
<p>Responsables: Coordinador de emergencias y desastres</p>
<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Señalización ✓ Ruta de evacuación
<p>FALLAS EN EQUIPOS Y/O SISTEMAS Es un evento indeseable, cuantificable o no en la operación de un equipo. Sin un adecuado mantenimiento la maquinaria interrumpe su operación con mucha frecuencia, alterando considerablemente los programas de producción y fallándole a los clientes</p>

ANTES

- ✓ Conservar y reparar los equipos y/o sistemas
- ✓ Desarrollar servicios de limpiezas a los equipos
- ✓ Mantener en condiciones óptimas el lugar donde se encuentran los equipos y/o sistemas

DURANTE

1. Localizar e identificar las vías de escape
2. Mantenerse alejados de los equipos
3. Tener a la mano elementos de iluminación
4. Salvar los equipos informáticos que lo permitan

DESPUES

- ✓ Evaluar los daños
- ✓ Priorizar que equipos y/o sistemas pueden ser recuperados
- ✓ Realizar los informes respectivos

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 28 Plan de emergencia por explosiones

PLAN DE EMERGENCIA POR EXPLOSIONES	
Objetivo	Determinar las acciones de respuesta frente a Explosiones
Responsables:	Coordinador de emergencias y desastres
Recursos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Señalizaciones

- ✓ Extintores
- ✓ Ruta de evacuación
- ✓ Botiquín
- ✓ Camillas

EXPLOSIONES

Generación de atmósferas explosivas producto de la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada. explosión en el lugar de trabajo. emergencias. evacuación. manejo de productos potencialmente explosivos

ANTES

- ✓ Preparar suministros de emergencia
- ✓ Determinar la Ruta de evacuación y los lugares de reunión en caso de explosiones
- ✓ Disponer de extintores en buen estado
- ✓ Realizar mantenimientos en instalaciones eléctricas en mal estado

DURANTE

- ✓ Mantener la calma
- ✓ Buscar refugio en lugares seguros
- ✓ Cuando siga la ruta de evacuación evitar pisos que se encuentren debilitados
- ✓ No usar ascensores
- ✓ Abandonar las edificaciones lo antes posible
- ✓ Si está afuera no se ubique afuera de las ventanas y puertas
- ✓ Informar a las autoridades respectivas

DESPUES

- ✓ Evaluación de las condiciones del lugar
- ✓ Determinar si existen víctimas en el lugar
- ✓ Atender de forma rápida las necesidades
- ✓

Fuente: (Autor,2020)

Tabla 29 Plan de emergencia por hurto

PLAN DE EMERGENCIA POR HURTO	
Objetivo	Determinar las medidas de respuesta en caso de Hurto, Robos o atracos
Responsables:	Coordinador de emergencias y desastres
Recursos:	✓
ANTES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Instalar alarmas de emergencias ✓ No permitir en la oficina entrada a personas que no sean parte del personal ✓ Verificar que la oficina se encuentra debidamente cerrada al momento de que no estén desarrollándose labores ✓ Instalar elementos que permitan monitorear el área de trabajo ✓ Mantenerse en conjunto con compañeros de trabajo mientras estén realizando labores externas

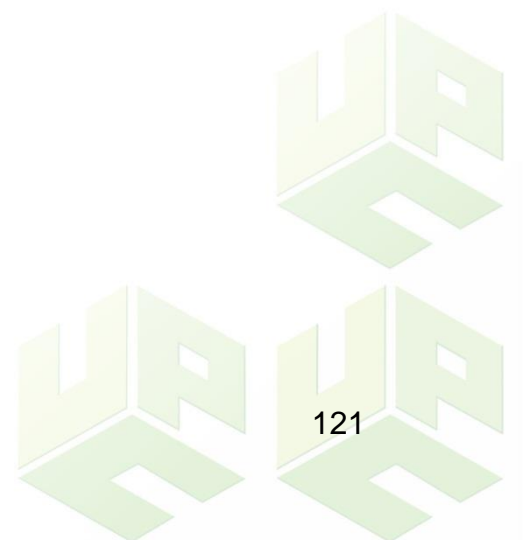
DURANTE

- ✓ No realizar intervenciones por si solo
- ✓ Mantener la calma
- ✓ Llamar a las autoridades y estar pendiente de su llegada
- ✓ No resistirse frente al asalto
- ✓ Si los asaltantes se encuentran en un vehículo memorizar la placa o identificación

DESPUES

- ✓ Accionar dispositivos de alarma
- ✓ Notificar al coordinador de emergencias y desastres
- ✓ Prestar ayuda a quien lo necesite
- ✓ Detallar las características físicas de asaltantes

Fuente: (Autor,2020)



CONCLUSIONES

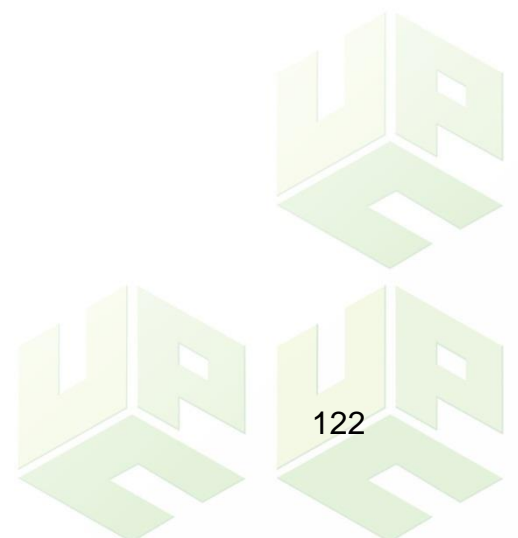
Finalmente, con todo lo formulado en Plan de Gestión de Riesgo de desastres, se pudo identificar las amenazas que pueden representar un riesgo para todo la edificación y personal en el manejo de los sistemas de tratamiento de agua potable.

No solamente se realizó una identificación si no que se determinó la probabilidad de ocurrencia de estos eventos de acuerdo a la metodología expuesta en los apartados, de igual manera la severidad de los mismo que nos permitiera determinar cuáles presentan un mayor riesgo, donde se obtuvo que de 10 amenazas 6 representa un riesgo ALTO o MUY ALTO.

Al priorizar los riesgos se pudieron formular planes de acción frente a las amenazas que puedan generar un mayor riesgo hacia todo el personal y de igual manera se determinó la vulnerabilidad por factores frente a este tipo de eventos.

Es de gran importancia que la empresa empiece a incorporar la Gestión del Riesgo en políticas de implementación inmediata ya que la vulnerabilidad es ALTA y por lo tanto en el momento que se presente cualquier evento los daños pueden significar un impacto negativo alto, no solo a personas si no a áreas físicas.

También se debe concientizar al personal acerca de esta temática, ya que muchos no tienen conocimiento de que manera pueden responder frente a cualquiera de estas situaciones



BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Becerril. (2020). *Información general del municipio*. Obtenido de ALCADIA MUNICIPAL DE BECERRIL-CESAR: <http://www.becerril-cesar.gov.co/municipio/informacion-general>

AREANDINA. (2018). *PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LAS ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS ANALISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD*. Valledupar.

Dirreccion de Gestion del Riesgo. (2010). *Guia Municipal para la Gestion del Riesgo*.

EMDUPAR . (2018). *PLAN DE VULNERABILIDAD Y CONTINGENCIA EMDUPAR S.A. E.S.P.* Valledupar.

Municipio de Becerril. (2015). *MANUAL ESPECÍFICO DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS*. Becerril.

PNUD. (2012). *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País*.

Superservicios. (2018). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE BECERRIL - EMBECERRIL E.S.P.* Bogota D.C.