

ESTUDIO DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO PARA LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA DE ORIGEN SUBTERRÁNEO QUE OPERA LA EMPRESA DE
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO UBICADAS EN LOS
BARRIOS, LA RELIQUIA, 13 DE MAYO Y PINARES DEL ORIENTE COMO APOORTE AL
CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN 0549 DE 2017.



MARÍA FERNANDA CARRILLO CASCIVITA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

ESTUDIO DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO PARA LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA DE ORIGEN SUBTERRÁNEO QUE OPERA LA EMPRESA DE
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO UBICADAS EN LOS
BARRIOS, LA RELIQUIA, 13 DE MAYO Y PINARES DEL ORIENTE COMO APOORTE AL
CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN 0549 DE 2017.

MARÍA FERNANDA CARRILLO CASCAVITA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesora

LEYDY ARBOLEDA MONTES

Geóloga

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

Autoridades Académicas

FRAY JOSE GABRIEL MESA ANGULO, O. P.

Rector General

FRAY EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académicos General

FRAY JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

FRAY RODRIGO GARCÍA JARA O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

*Dedicado a Dios, mis padres,
mi segundo padre,
mi abuelita Ceci y amigos
que también hacen parte mi familia.*

Agradecimientos

Quiero expresar agradecimiento a Dios por siempre estar conmigo y ser mi guía en todo momento.

De igual forma agradezco a la Universidad Santo Tomás, por brindarme la oportunidad de hacer parte de la institución y permitirme formarme como profesional en el área de Ingeniería Ambiental.

A si mismo doy gracias a cada uno de los docentes de influyó de manera positiva en el trascurso de mi carrera, especialmente a la Geóloga Leydy Johanna Arboleda Montes de la Universidad Santo Tomás por su apoyo, orientación y atención a mis consultas durante el desarrollo del proyecto, y a la Decana Yesica Natalia Mosquera Beltrán por sus consejos y apoyo a lo largo de la carrera.

También agradezco a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio por la oportunidad de realizar mis pasantías en la empresa y por el apoyo obtenido en el desarrollo de esta, en especial a mi codirector el Ingeniero Agrónomo Ricardo Astróz Bermúdez y a la Administradora Ambiental Ingrid Jasbleidy Chávez Moreno por el acompañamiento dentro de la Empresa.

Por último, pero no menos importante, gracias a mi familia, padres, mi abuelita y Mateo, también a mis amigos más cercanos por su apoyo vital e incondicional a lo largo del desarrollo total de mi Trabajo de Grado y siempre motivarme a seguir superándome día a día, y en general a cada persona que hizo parte de este proceso y estuvo siempre pendiente mostrándome su apoyo.

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Summary	12
Introducción	13
CAPITULO I Planteamiento del problema.....	15
Descripción del problema	15
Formulación del problema	16
Objetivos	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.	17
Justificación	18
Alcance del proyecto.....	20
CAPÍTULO II Antecedentes.....	25
CAPITULO III Marco de Referencia	27
Marco Teórico.....	27
Marco Conceptual.....	29
Marco Legal	30
CAPITULO IV Metodología	33
Fase 1: Reconocimiento del área de estudio.	34
1.1. Conocimiento y visita de los lugares de estudio.	34
1.2. Adquirir información de los operarios de las PTAP	34
Fase 2: Identificación y valoración de amenazas y vulnerabilidad al sistema de potabilización de agua para el consumo humano	35
2.1. Diligenciar la matriz para la identificación de amenazas	37
2.2. Realizar la valoración de amenazas antropogénicas	38
2.3. Realizar la valoración de las amenazas naturales.	39
2.4. Realizar la valoración de las amenazas socio- naturales.	41
2.5. Evaluar la vulnerabilidad de cada PTAP.	42
Fase 3: Análisis de resultados	45
3.1. Analizar cada una de las matrices de amenazas elaboradas	45

CAPITULO V Resultados y análisis de resultados	46
Generalidades PTAP La Reliquia	46
Amenazas Antropogénicas PTAP La Reliquia	47
Amenazas Naturales PTAP La Reliquia	50
Amenazas Socio-Naturales PTAP La Reliquia.....	54
Generalidades PTAP 13 de mayo	56
Amenazas Antropogénicas PTAP 13 de Mayo.....	56
Amenazas naturales PTAP 13 de Mayo.....	58
Amenazas Socio-Naturales PTAP 13 de Mayo	59
Generalidades PTAP Pinares de Oriente	60
Amenazas Antropogénicas PTAP Pinares de Oriente	60
Amenazas Naturales PTAP Pinares de Oriente	61
Amenazas Socio-Naturales PTAP Pinares de Oriente.....	62
Vulnerabilidad.....	63
Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad del agua (Laboratorios y puntos de muestreo).....	64
Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua	65
Discusión.....	67
Conclusiones y recomendaciones	70
Bibliografía	72
Anexos	78

Lista de Figuras

Figura 1 Instalaciones PTAP Barrio 13 de Mayo. <i>Fuente: María Carrillo, 2019</i>	20
Figura 2 JAC Barrio 13 de Mayo. <i>Fuente: María Carrillo, 2019</i>	20
Figura 3 Ubicación PTAP 13 de Mayo. Google Earth adaptado por María Carrillo, 2019....	21
Figura 4 Ubicación PTAP La Reliquia. Google Earth, adaptado por María Carrillo, 2019 ...	22
Figura 5 PTAP La Reliquia adaptado por María Carrillo, 2019	22
Figura 6 Límites de la PTAP. Adaptado por María Carrillo, 2019.....	22
Figura 7 Ubicación PTAP Pinares del Oriente. Google Earth,	23
Figura 8 Colegio Champagnat (al fondo). Adaptado por María Carrillo, 2019.....	24
Figura 9 Alrededores de la PTAP. Adaptado por María Carrillo, 2019	24
Figura 10 Ecuación del riesgo. Adaptado por María Carrillo, 2019.....	29
Figura 11 Metodología de estudio. Adaptado por María Carrillo, 2019.....	33
Figura 12 Fisuras en el tanque de almacenamiento PTAP La Reliquia.	49
Figura 13 Torre de aireación PTAP La Reliquia. María Carrillo, 2019	49
Figura 14 Suelo inestable PTAP La Reliquia.	52
Figura 15 Árbol y valla informativa.	52
Figura 16 mapa Volcánico Colombia, (Servicio Geológico Colombiano, 2019).....	52
Figura 17 Mapa de Zonificación sísmica de Colombia. SGC.....	53
Figura 18 PTAP La Reliquia suelo en grava. Fuente: María Carrillo, 2019.....	55
Figura 19 Riesgo Eléctrico. Fuente: María Carrillo, 2019.....	55
Figura 20 Encerramiento PTAP Pinares de Oriente. <i>Fuente: María Carrillo, 2019</i>	61
Figura 21 PTAP Pinares de Oriente. <i>Fuente: María Carrillo, 2019</i>	61

Lista de tablas

Tabla 1 Marco Legal	30
Tabla 2 Calificación del nivel de amenaza.....	36
Tabla 3 Matriz de identificación de amenazas.	37
Tabla 4 Matriz de riesgos antropogénicos.....	39
Tabla 5 Matriz de riesgos naturales.....	40
Tabla 6 Matriz de riesgos socio-naturales.....	41
Tabla 7 Evaluación del laboratorio	42
Tabla 8 Evaluación de la capacidad instalada del sistema de tratamiento de agua.....	43
Tabla 9 Evaluación de la capacidad financiera	44
Tabla 10 Evaluación Talento Humano.....	45
Tabla 11 Amenazas Antropogénicas PTAP La Reliquia	48
Tabla 12 Amenazas naturales PTAP La Reliquia	50
Tabla 13 Amenazas socio-naturales PTAP La Reliquia	55
Tabla 14 Riesgo Antropogénico PTAP 13 de Mayo.....	57
Tabla 15 Amenazas Naturales PTAP 13 de Mayo.....	59
Tabla 16 Amenazas Socio-naturales PTAP 13 de Mayo	59
Tabla 17 Amenaza Antropogénica PTAP Pinares de Oriente.....	61
Tabla 18 Amenazas Naturales PTAP Pinares de Oriente	62
Tabla 19 Amenaza Socio-naturales PTAP Pinares de Oriente.....	63
Tabla 20 Evaluación del laboratorio	65
Tabla 21 Capacidad Instalada	66
Tabla 22 Amenazas significativas PTAP	67

Resumen

En este trabajo se realizó la valoración de las amenazas naturales, antrópicas y socio-naturales, así como también la vulnerabilidad a las que se encuentran expuestas las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Subterránea (PTAP) de los barrios La Reliquia, Pinares de Oriente y 13 de Mayo, ubicadas en la ciudad de Villavicencio, Meta, mediante la metodología Delphi y el método planteado en la Herramienta Metodológica para la Formulación de Programas de Gestión del Riesgo de Desastres en los Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014), con el fin de conocer el riesgo presente y la gravedad del mismo, para así poder contribuir al cumplimiento por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV) de la resolución 0549 de 2017 expedida por el ministerio de Salud y Protección Social y del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio donde se da una guía técnica para la elaboración del estudio del conocimiento del riesgo que deben cumplir los servicios públicos, como el servicio de acueducto.

El método Delphi se desarrolló mediante un cuestionario realizado a cinco (5) trabajadores del área de planeación de la EAAV, en la cual se realizaron preguntas acerca de las amenazas y la vulnerabilidad a los que se encuentra expuesto el sistema de potabilización de agua, para conocer los riesgos más relevantes de cada una de las PTAP y así poder diseñar en el futuro el plan de riesgo por parte de la empresa y hacer planes para la disminución del riesgo en cada planta, para la identificación de los riesgos se tuvo en cuenta las matrices y el formato del conocimiento de riesgo descrito en la herramienta metodológica de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo (UNGR).

Lo anterior, se realizó con el ánimo de que los resultados brinden un panorama de la situación actual o que se pueda presentar a futuro en las PTAP estudiadas con respecto a los riesgos evaluados, en los resultados se evidencia que los resultados son similares en varios tipos de riesgo como los naturales y socio-naturales, en cuanto a los riesgos antrópicos, estos difieren de una manera notable entre cada una de las plantas.

Según el estudio realizado, la amenaza más alta que afecta a las tres plantas de tratamiento del estudio es el riesgo sísmico, seguido de las acciones violentas, debido el tipo de población que se maneja y a la ubicación geográfica del municipio de Villavicencio en el cual se encuentran ubicadas las PTAP de origen subterráneo.

Palabras Claves: Riesgo, Amenaza, Vulnerabilidad, PTAP, Método Delphi

Summary

In this work, the assessment of the natural, anthropic and socio-natural risks to which the Underground Drinking Water Treatment Plants (PTAP) of La Reliquia, Pinares de Oriente and 13 de Mayo neighborhoods, located in the city of Villavicencio, Meta, using the Delphi methodology and the method proposed in the Methodological Tool for the Formulation of Disaster Risk Management Programs in the Aqueduct, Sewerage and Sanitation Services (Ministry of Housing, City and Territory, 2014) , in order to know the present risk and its severity, in order to be able to contribute to compliance by the Villavicencio Aqueduct and Sewer Company (EAAV) of resolution 0549 of 2017 issued by the Ministry of Health and Social Protection and of the Ministry of Housing, City and Territory where a technical guide is given for the elaboration of the study of the risk knowledge that must be fulfilled. r public services, such as the aqueduct service.

The Delphi method was developed through a questionnaire made to five (5) workers in the planning area of the EAAV, in which questions were asked about the threats and vulnerability to which the water purification system is exposed, for know the most relevant risks of each one of the PTAPs and thus be able to design in the future the risk plan by the company and make plans for the reduction of the risk in each plant, for the identification of the risks took into account the matrices and the risk knowledge format described in the methodological tool of the National Unit of Risk Management (UNGR).

This was done with the aim that the results provide an overview of the current situation or that may be presented in the PTAP studied in the future with respect to the risks evaluated. The results show that the results are similar in several types risk as natural and socio-natural, in terms of anthropogenic risks, these differ in a remarkable way between each of the plants.

According to the study carried out, the highest risk affecting the three treatment plants of the study is the seismic risk, followed by the violent actions, due to the type of population that is managed and the geographic location of the municipality of Villavicencio, in which located PTAPs of underground origin.

Keywords: Risk, Threat, Vulnerability, PTAP, Delphi method.

Introducción

Debido a que es de vital importancia que las empresas prestadoras de servicios públicos garanticen un servicio de calidad, se realizó este trabajo sobre el estudio del conocimiento del riesgo para tres Plantas de Agua Potable adscritas a la EAAV, con el fin de conocer la situación actual de los riesgos a los que se encuentra expuesto el correcto funcionamiento de la PTAP y que puede causar daños en la calidad y prestación del servicio.

Este estudio surgió a partir de la necesidad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV), de dar cumplimiento a la resolución 0549 de 2017 expedida por el Ministerio de Salud, Protección Social y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por la cual se adopta *“la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano y se dictan otras disposiciones”*.

Para analizar los riesgos se deben conocer las amenazas presentes y la vulnerabilidad del sistema de potabilización, es por ello que la valoración de riesgos se realizó según los criterios estipulados en la resolución 0549 de 2017, haciendo uso de la metodología que se maneja en la Herramienta Metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, también se empleó la metodología Delphi, todo lo anterior teniendo en cuenta que el riesgo es el grado de vulnerabilidad de un factor frente a una amenaza.

En el desarrollo del método Delphi participaron cinco (5) empleados de la EAAV que se desempeñan en área de planeación, exactamente en el departamento de ambiente, los cuales fueron elegidos debido a que anteriormente realizaron el Estudio de Riesgo, Programa de Reducción de Riesgo y Plan de Contingencia de los Sistemas de Suministro de Agua para Consumo Humano en el 2018 para darle cumplimiento parcial a la Resolución 0549 de 2017.

La metodología Delphi se desarrolló mediante una serie de preguntas propuesta en una encuesta, la cual permitió conocer la opinión de cada participante a cerca del nivel de riesgo en cada planta, con el propósito de obtener una respuesta en conjunto desde los diverso puntos de vista, ya que se contó con la presencia de un Ingeniero Agrónomo con Especialización en Gestión Ambiental, un Químico Técnico, una Administradora Ambiental, Profesional Universitario 01 y con la participación del Gerente de Planeación de la EAAV, luego se llegó a una decisión final teniendo las respuestas de cada uno, las cuales se analizaron y discutieron cada uno de los aspectos para el estudio del conocimiento de riesgo para las plantas de agua potable, con el fin de llegar a un consenso sobre gravedad de los riesgos presentados en los lugares de estudio.

CAPITULO I Planteamiento del problema

Descripción del problema

Los desastres ocurren en todo el mundo y su impacto en la economía, la sociedad y el ambiente es cada vez más grande. Estos pueden retrasar el desarrollo de un país, pero a su vez, el problema y los errores en los procesos de desarrollo son los que causan gran parte de los riesgos a los que se expone una población determinada. (Banco Mundial Colombia, 2006) Es por esto, que las empresas prestadoras de servicios públicos de suministro tienen un rol muy importante en el desarrollo económico y social de una población, debido a que velan por permanecer en óptimas condiciones brindando un servicio de calidad. (Organización Internacional del Trabajo, 1996-2018)

Debido a que los sistemas de servicios públicos mantienen en una interacción continua con el medio ambiente, la calidad de prestación del servicio puede llegar a representar en determinados momentos algún factor de amenaza puede conllevar a impactos negativos; (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014) por consiguiente las empresas de servicios públicos deben tener o adoptar herramientas económicas, jurídicas, técnicas y financieras y demás para poder actuar frente a los fenómenos naturales que puedan provocar algún tipo de riesgo para su buena calidad o funcionamiento (La Patria, 2014).

Por lo tanto, surge la necesidad de que las empresas prestadoras de servicios públicos realicen labores de prevención desde el conocimiento del riesgo para disminuirlo. Las empresas tienen el deber de vigilar y controlar los planes de contingencia y estudio de riesgo, (La Patria, 2014) la formulación y consolidación de esta herramienta no solo permite conocer los pasos a seguir ante una situación imprevista, (Plan De Acción), sino que también prevé cuáles serán los recursos tanto humanos como materiales que se necesitan para responder eficientemente ante la materialización del riesgo. Además, por la estructura de su formulación, permiten que fácilmente se incluyan alternativas para optimizar los planes de respuesta a posibles emergencias del mismo tipo. (Acueducto metropolitano de Bucaramanga, 2016)

Formulación del problema

¿Cuáles son las amenazas y los factores que inciden en los riesgos que deben considerarse relevantes y que se presentan en las plantas de tratamiento de agua potable subterránea en: Pinares del Oriente, La Reliquia y 13 de Mayo, ubicadas dentro de la jurisdicción de la EAAV en la ciudad de Villavicencio, Meta?

Objetivos

Objetivo general

Formular un estudio parametrizado del conocimiento del riesgo para las plantas de tratamiento de agua potable de origen subterráneo, ubicadas en: Pinares del Oriente, La Reliquia y 13 de mayo, todas estas dentro de la jurisdicción de la EAAV en la ciudad de Villavicencio, Meta. Como aporte al cumplimiento de la resolución 0549 de 2017 para su implementación por parte de la EAAV.

Objetivos específicos.

- Conocer los sistemas de potabilización ubicados en los barrios: La Reliquia, Pinares del Oriente y 13 de Mayo para ser considerados en el estudio de riesgo.
- Identificar la vulnerabilidad y las amenazas presentes en el sistema de potabilización de agua para el consumo humano en tres PTAP operadas por la EAAV.
- Calificar las amenazas para las plantas de tratamiento de agua potable subterránea como aporte al cumplimiento de la resolución 0549 de 2017 por parte de la EAAV.

Justificación

A menudo los países no le dan la relevancia que se merece a la prevención de desastres dejando el tema en un segundo plano, lo que conlleva a que sigan persistiendo desigualdades entre países, dando lugar a condiciones de pobreza extrema por causa de riesgos y desastres. (Clark, 2012)

Es por esto por lo que el Gobierno Nacional, en el año 2012 adoptó la política nacional de gestión del riesgo de desastres expidiendo la Ley 1523, en la cual el artículo 2º estipula que la gestión del riesgo es responsabilidad de las entidades públicas y privadas, así como de todos los habitantes del territorio, dejando en claro que para cumplir con esto se deben desarrollar y ejecutar procesos de gestión del riesgo como lo son el conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres; a su vez en el artículo 42 se dispuso que las entidades públicas y privadas prestadoras de servicios públicos deben realizar un análisis del riesgo para su servicio (Congreso de Colombia, 2012).

Para su ejecución en el ámbito de los servicios públicos y más exactamente en la prestación del servicio de agua, el Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio expidió la resolución 0549 de 2017 dando herramientas para que las entidades prestadoras de servicios públicos cumpla con los mínimos criterios y actividades de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017).

Por lo tanto, es obligación de las empresas de acueducto y alcantarillado presentar su estudio del conocimiento del riesgo y su plan de contingencia teniendo como fecha límite de radicación en marzo de 2018. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017), Para dar cumplimiento a lo establecido en esta resolución, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV) el 22 de febrero de 2018 emite el documento requerido, sin embargo, las plantas localizadas en los barrios: La Reliquia, 13 de Mayo y Pinares del oriente en la ciudad de Villavicencio, no están cumpliendo con la resolución debido a que no se tuvieron en cuenta por

parte de la EAAV al momento de realizar el estudio de riesgo anterior, es por ello que este trabajo se enfocó en las PTAP ubicadas en dichos barrios.

Los barrios de La Reliquia y el 13 de Mayo en sus inicios fueron sectores de asentamiento informal, por lo que se caracterizaron por la falta de servicios básicos y por la presencia de factores de riesgo social y económico (EL TIEMPO, 2015), aunque fue hasta el año 2015 que la alcaldía de Villavicencio los legalizó bajo el decreto 261 de 2015, por otra parte, el barrio Pinares del Oriente se construyó como un barrio de viviendas de interés social, cabe resaltar que la mayoría de los habitantes de dichos barrios son personas de condiciones económicas bajas donde aproximadamente el 50% de los habitantes son víctimas del desplazamiento forzado (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 2017).

Debido al origen de los barrios en estudio, los habitantes manifestaron no contar con un sistema de alcantarillado por tanto optaron por utilizar un método de baja calidad como los pozos sépticos artesanales, los cuales pueden contaminar el agua subterránea por infiltración de aguas residuales no tratadas, representando una amenaza a la salud de la población. Siendo así, la Agencia de la ONU para refugiados afirma que: "El servicio de alcantarillado es el más urgente, pues las cañerías están al aire." (Agencia de la ONU para refugiados, 2012).

Por todo lo anteriormente mencionado, se formula el presente trabajo como herramienta para la toma de decisiones y la gestión del riesgo en la EAAV (estudio de riesgo, programa de reducción de riesgo y plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano).

Alcance del proyecto

Las tres plantas de tratamiento de agua potable subterránea operadas por la EAAV objeto de este estudio, se localizan en los barrios 13 de Mayo, La Reliquia y Pinares del Oriente, en la ciudad de Villavicencio-Meta.

La planta de tratamiento de agua potable se encuentra ubicada en el barrio 13 de Mayo, comuna 4 del municipio de Villavicencio, limitando con el colegio Rodolfo Linás, el Salón de la Junta de Acción Comunal (JAC) del barrio (Figura 2), el barrio Betty Camacho y La Reliquia, también limita con los caños Rodas y Maizaro, como se puede observar en la Figura 3



Figura 1 Instalaciones PTAP Barrio 13 de Mayo. *Fuente: María Carrillo, 2019*



Figura 2 JAC Barrio 13 de Mayo. *Fuente: María Carrillo, 2019*

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SUBTERRANEA DEL BARRIO 13 DE MAYO EN VILLAVICENCIO-META



Figura 3 Ubicación PTAP 13 de Mayo. Google Earth adaptado por María Carrillo, 2019

La ubicación de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Reliquia se puede visualizar en la Figura 4, está localizada en la comuna número 4, la planta es limítrofe con el puesto de salud del barrio La Reliquia, la vía principal de acceso al barrio, viviendas, comercio como tiendas y una ferretería como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, además limita con el barrio 13 de Mayo y los caños Maizaro y Rodas.

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
SUBTERRANEA DEL BARRIO LA RELIQUIA EN VILLAVICENCIO-META



Figura 4 Ubicación PTAP La Reliquia. Google Earth, adaptado por María Carrillo, 2019



Figura 5 PTAP La Reliquia adaptado por María Carrillo, 2019



Figura 6 Límites de la PTAP. Adaptado por María Carrillo, 2019

Al sur de la ciudad de Villavicencio en la comuna 8 se encuentra el barrio Pinares del oriente, como se puede ver en la Figura 7, el cual limita con los barrios como los son Porfía, La Madrid y Villa Juliana, también limita con el río Ocoa; la Planta de Agua Potable Subterránea limita con la Institución Educativa Champagnat, viviendas del sector de Pinares del Oriente y el barrio Porfía, así como también con lotes y terrenos baldíos, como se observa en las Figura 8 y Figura 9.

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SUBTERRANEA DEL BARRIO PINARES DEL ORIENTE EN VILLAVICENCIO-META



Figura 7 Ubicación PTAP Pinares del Oriente. Google Earth, adaptado por María Carrillo, 2019



Figura 8 Colegio Champagnat (al fondo).
Adaptado por María Carrillo, 2019.



Figura 9 Alrededores de la PTAP.
Adaptado por María Carrillo, 2019

CAPÍTULO II Antecedentes

La incorporación de la gestión de riesgo de desastres en la planificación de un proyecto u obra puede disminuir el total de impactos relacionados por dichas acciones, aunque el desarrollo económico y el crecimiento demográfico también son factores que aumentan la posibilidad de tener daños producto de desastres. (Banco Mundial Colombia, 2006). Es por esto por lo que en 1989 las Naciones Unidas proclama el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN) el cual tuvo como objetivo principal reducir la pérdida de vidas, los daños materiales, trastornos sociales y económicos causados por los desastres naturales. (Laveli, 1997)

La gestión del riesgo en Colombia se ha ido mejorando de acuerdo a la experticia adquirida en la medida que acontecen eventos desafortunados, categorizados como desastres, es decir, que a medida de que ocurre una catástrofe la gestión del riesgo se va modificando, un ejemplo claro de esto es la creación del Sistema Nacional para la Prevención en 1985 la cual sucedió después de la tragedia de Armero, también el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres se creó en 1999 luego de que ocurriera un terremoto en la ciudad de Armenia, por último en el 2012 luego de que se presentara el fenómeno de la niña en 2011 se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres(UNGRD) por medio de la ley 1523 de 2012. (Medina, Victor; Lopez, José; Mendez, Gustavo; Bernal, Hector, 2014)

Desde 1950 ha habido un aumento en los impactos por desastres en los sistemas de acueducto y alcantarillado del país, en los años 80's se reportaron en promedio 20 registros cada año, este promedio se duplicó en la década de los 90's, producto de los fenómenos climatológicos conocidos como El Niño y La Niña los cuales ocasionaron inundaciones, deslizamientos y sequías siendo estas últimas las de mayor preocupación; el problema se torna más grave debido al aumento demográfico que se está evidenciando en el país lo que generan una mayor demanda de agua potable, ocasionando así una vulnerabilidad alta en los sistemas de acueducto que no están diseñados para suplir una mayor demanda del recurso hídrico. (Banco Mundial, 2012)

En el año 2002, se dio a conocer el estudio de microzonificación sísmica indicativa de Bucaramanga, Colombia, el cual sirvió de base para realizar la evaluación del riesgo sísmico del sistema de acueducto de esa ciudad en el cual se definieron los parámetros iniciales para el diseño sísmo resistente de las estructuras pertenecientes al acueducto con el fin tener una respuesta ante la inminente amenaza sísmica de la región. (Compañía del acueducto metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P, 2002)

A partir del año 2007 el sector acueducto y alcantarillado cuenta con un documento estratégico llamado Lineamientos de política para la incorporación de la gestión del riesgo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (Banco Mundial, 2012) el cual tiene directrices dirigidas a las empresas o personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado a fin de promover la generación del conocimiento del riesgo, programas para su reducción y mejorar la capacidad de respuesta ante alguna eventualidad. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014)

En el año de 2016 la empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. (AMB) crea el manual de gestión de riesgo soportado por los lineamientos de la resolución 0154 de 2014, en el documento se encuentra descrita la metodología y las actividades a ejecutar en caso de que surja alguno de los riesgos contemplados. (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, 2016)

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV) publica su estudio de riesgo, programa de reducción de riesgo y plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano el 22 de febrero de 2018, dando cumplimiento parcial a la resolución 0549 de 2017, debido a que no se tuvieron en cuenta las plantas potabilizadoras de agua mencionadas en este estudio. (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, 2018)

CAPITULO III Marco de Referencia

Marco Teórico

La gestión del riesgo según la ley 1523 de 2012 es un proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas a fin de conocer el riesgo para así tener una mejor conciencia del mismo y poder evitar, impedir o reducir cualquier tipo de desastre, estas acciones tiene el propósito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Congreso de la Republica, 2012)

En el sector de agua potable y saneamiento básico el conocimiento del nivel de riesgo al que se exponen los sistemas del servicio representa el soporte y la implementación de medidas que permitan reducir el riesgo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014), par asi poder garantizar una buena calidad en la prestación del servicio.

En la (Congreso de la Republica, 2012) se expone que el riesgo “son los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a factores sociales, ambientales o sanitarios en un periodo de tiempo determinado”. Desde la perspectiva de sistemas de acueducto y alcantarillado es necesario tomar dos enfoques del riesgo que son: la iniciativa para la prestación del servicio y el riesgo generado por la prestación del servicio, los cuales se presentan a continuación (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014)

Riesgo sobre el proceso de prestación de los servicios públicos domiciliarios trata sobre las características del entorno en el cual se va a realizar un sistema de acueducto y los factores que amenazan al mismo, dentro de los fenómenos naturales que se comprenden para este riesgo se encuentran sismos, vendavales, huracanes y actividad volcánica, los riesgo socio-naturales tales como inundaciones, sequias, incendio, remoción en más y otros, finalmente los riesgos causados por el hombre o antropogénicos como contaminación, interrupción de la electricidad, acciones violentas y demás amenazas del hombre. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014)

Otro tipo de riesgos son los generados por la prestación del servicio público domiciliario a la comunidad, los cuales son producto de las instalaciones ejecutadas por la empresa, de las redes y demás estructuras que pueden provocar movimientos en masa, contaminación del suelo y de las fuentes hídricas, desestabilización de terrenos, etc. Por ello son los que se deben tener en mayor cuidado puesto que atentan contra la calidad del servicio. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014)

Las amenazas están relacionadas con el peligro latente y la probabilidad de que se presenten fenómenos de origen natural, socio natural o antropogénico, los cuales pueden producir efectos o impactos negativos en la prestación de un servicio de calidad, en otras palabras, se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente, con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido. (DIRECCION DE PROMOCION Y PREVENCION, 2017)

La vulnerabilidad o susceptibilidad del sistema de potabilización de agua depende del grado de exposición que tiene una comunidad de ser afectada y de sufrir efectos adversos ante una amenaza determinada, también se presenta el grado de resistencia y la capacidad de hacer frente al impacto negativo. (DIRECCION DE PROMOCION Y PREVENCION, 2017)

La vulnerabilidad también puede ser de carácter físico, social e institucional; la vulnerabilidad física se basa en la resistencia de los elementos, la vulnerabilidad social se relaciona con los agentes condicionantes que hacen más o menos vulnerables a la sociedad, la vulnerabilidad institucional se relaciona con la aptitud de la entidad para incluir en sus labores la gestión del riesgo, para conocer y reducir el riesgo, para atender emergencias. (DIRECCION DE PROMOCION Y PREVENCION, 2017)

El riesgo es la relación entre vulnerabilidad y amenaza expresada con ecuación que se muestra en la Figura 10, estos se pueden reducir y controlar con un debido cuidado del ambiente y teniendo conocimiento acerca de las amenazas, identificando a cuál se enfrenta para que no sea identificados como potenciales desastres, (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, 2018)

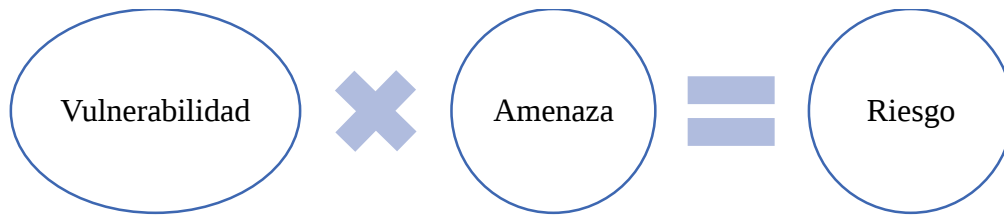


Figura 10 Ecuación del riesgo. Adaptado por María Carrillo, 2019

A partir del reconocimiento de los factores de amenaza y vulnerabilidad que inciden en el sistema de acueducto y alcantarillado es posible visualizar los diversos escenarios de riesgo a los que se está expuesto, permitiendo así una estimación de los posibles daños y pérdidas en el sistema, pero adicional evitando problemas de salud en la comunidad beneficiada. (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, 2018)

Marco Conceptual

Estos son algunos de los conceptos claves para tener en cuenta para el desarrollo del presente trabajo:

Gestión del riesgo de desastres: Es el conjunto de decisiones administrativas, políticas, actividades, estrategias, entre otras, orientadas a evitar, disminuir, y afrontar los impactos adversos de los eventos naturales, cuyo objetivo final es la Reducción del Riesgo de Desastres con el propósito de contribuir a la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres)

Amenaza: Es un fenómeno, actividad humana o condición peligrosa que puede llegar a ocasionar daños y lesiones a las personas incluso llegando a ocasionar la muerte, también provoca pérdidas materiales, impactos en la salud, en la calidad de vida de las personas, daños ambientales, trastornos económicos, entre otros. (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2009)

Vulnerabilidad: Corresponde al grado de probabilidad o susceptibilidad al daño que se encuentra expuesto algo, teniendo en cuenta la exposición de cada componente como lo son la parte social, ambiental, física, política y económica, entre otros, pero también representa la capacidad que tiene de contrarrestar los efectos negativos de cualquier tipo de impacto. (Feito, 2007)

Riesgo: El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre que produzca daños y pérdidas, la Vulnerabilidad o las Amenazas no representan peligro alguno, pero si se juntan pasan a ser un riesgo latente. (Soldano, 2009)

Agua Subterránea: Es agua que se filtra a través de grietas y poros de las rocas y sedimentos que yacen debajo de la superficie de la tierra, acumulándose en las capas arenosas o rocas porosas del subsuelo. El agua se almacena y mueve en las formaciones geológicas que tienen poros o vacíos. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013)

Marco Legal

Tabla 1 *Marco Legal*

Órgano Regulador	Norma	Pertinencia	Comentario
	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991	Artículo 78	La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios. (Constitución Política de Colombia, 1991)

Tabla 1. Continuación

	Artículo 365	. Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. (Constitución Política de Colombia, 1991)
	LEY 142 de 1994	Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones. (Ley 142, 1994)
	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. (Congreso de la Republica, 2012)
El Ministerio de la Protección Social	DECRETO 1575 de 2007	con el ánimo de garantizar la calidad de agua para consumo humano que se está suministrando, exige el desarrollo de acciones entre las que se encuentra la creación e implementación de un Plan de Contingencia para la Disminución de los Riesgos sobre la Calidad del Agua para consumo Humano. (Decreto 1575, 2007)
	DECRETO 3200 de 2008	Normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento. (Decreto 3200, 2008)
	RESOLUCIÓN 44/236 1989	Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. (Resolución 44/236, 1995)
	RESOLUCIÓN 12 de 1995	Por la cual se establecen los criterios, indicadores, características y modelos para la evaluación de la gestión y resultados de las entidades que prestan los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. (Resolución 12, 1995)

Tabla 1. Continuación

RESOLUCIÓN 0549 de 2017	Ministerio de Salud y Protección Social y del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde se establece una guía técnica que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo con el fin de identificar amenazas y vulnerabilidades en la prestación del servicio de acueducto. (Dirección de Promoción y Prevención, 2017)
----------------------------	--

NOTA: Normatividad en Gestión del Riesgo, *María Carrillo*, 2019

CAPITULO IV Metodología

Teniendo en cuenta el conocimiento de los factores de amenaza y vulnerabilidad que se pueden llegar a presentar en el sistema de acueducto y alcantarillado se establecieron los riesgos para los sistemas de captación de agua subterránea ubicados en los barrios La Reliquia, 13 de mayo y pinares del oriente, la metodología que se manejó es una de tipo cualitativa la cual se realizó mediante el método de Delphi y la metodología estipulada en la Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo ;Las metodologías trabajadas se emplearon de la siguiente forma como se puede observar en la Figura 11 representando cada una de sus fases.

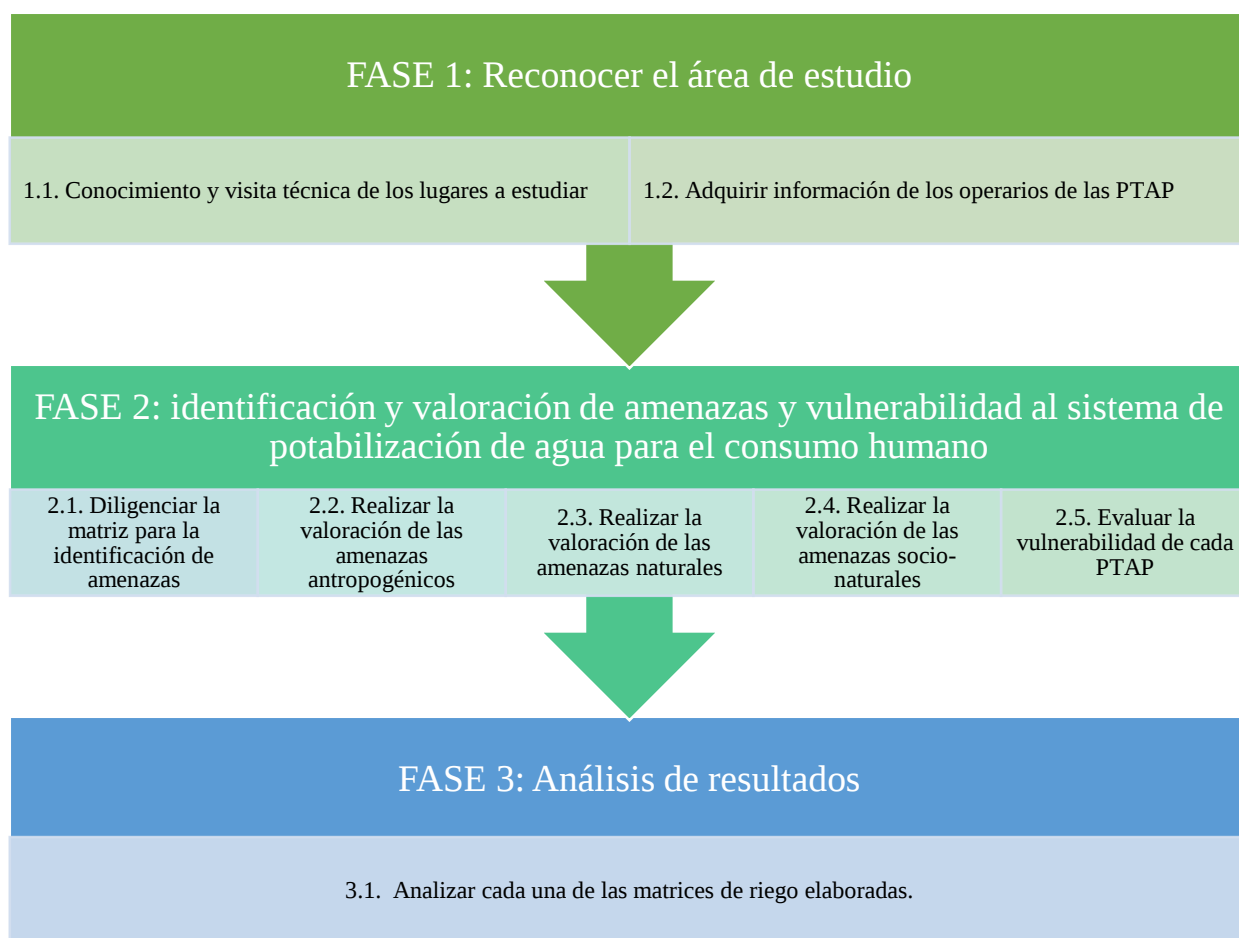


Figura 11 Metodología de estudio. Adaptado por María Carrillo, 2019

Fase 1: Reconocimiento del área de estudio.

Para la primera fase del estudio del conocimiento del riesgo se planteó una visita técnica al área de estudio del trabajo que son las PTAP subterráneas ubicadas en la ciudad de Villavicencio, en los barrios: La Reliquia, 13 de Mayo y Pinares del Oriente, el reconocimiento se realizó con la intención de conocer los procesos que se llevan a cabo en cada una de las plantas potabilizadoras, así como también para tener un acercamiento con las personas que más conocen las plantas que son los empleados encargados de operarlas y garantizar que la calidad de agua que allí se trata sea apta para el consumo humano, es por este motivo esta fase se dividió en dos partes que son el conocimiento y la visita a los lugares de estudio y la entrevista realizada a los operarios de cada una de las PTAP.

1.1. Conocimiento y visita de los lugares de estudio.

Se realizó una visita técnica inicial a cada planta sometida al estudio del conocimiento del riesgo con el propósito de realizar un reconocimiento del lugar y la población aledaña para así tener una visión más clara sobre la realidad de las instalaciones de la planta y el estado en que se encuentra actualmente, también para evidenciar cuales son los procesos de potabilización empleados en cada una.

1.2. Adquirir información de los operarios de las PTAP

Para el desarrollo de esta actividad se tuvo en cuenta una recolección de datos mediante una entrevista, (ver anexo B) compuesta por una serie de preguntas estandarizadas, con el propósito de obtener información acerca de las amenazas que los operarios consideraran que pueden llegar a suceder, así mismo recolectar información de incidentes si se han presentado con anterioridad, modificando la calidad del agua para consumo humano y otros aspectos, la entrevista se realizó a los operarios de las PTAP en estudio, ya que son ellos los que están al pendiente del correcto funcionamiento de cada planta; las preguntas realizadas fueron de tipo abierta debido a que permite aportar una visión completa de la percepción de los especialistas, además mediante las preguntas abiertas se pueden obtener respuestas que no se habían considerado anteriormente.

Fase 2: Identificación y valoración de amenazas y vulnerabilidad al sistema de potabilización de agua para el consumo humano

Para la segunda fase se identificaron las amenazas y vulnerabilidad al sistema de potabilización de agua para el consumo humano, para llevar a cabo esta fase se procedió a realizar la identificación de amenazas mediante la matriz descrita en la cartilla para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres “Herramienta Metodológica para la Formulación de Programas de Gestión del Riesgo de Desastres en los Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014)

Las amenazas se encuentran divididas en tres (3) categorías, las cuales son: amenazas naturales, antrópicas y socio-naturales; la amenaza natural es producto de un evento natural que puede causar daños al hombre o al medio ambiente, es decir, provenientes de fenómenos físicos originados por la naturaleza y sus elementos, las amenazas antrópicas son originadas por la actividad humana en sus procesos de producción y consumo de bienes y servicios; finalmente las amenazas socio-naturales son la reacción de la naturaleza con respecto a la acción humana que perjudica los ecosistemas. (Organización Panamericana de la Salud)

La identificación y valoración de las amenazas se realizó por medio de la metodología Delphi, es un método cualitativo aplicado a los procesos de gestión de riesgos en procesos empresariales, dicho método está estipulado en la Norma ISO 30010 que trata sobre las técnicas de evaluación de riesgos, para el desarrollo de este método se trabajó con un equipo multidisciplinario integrado por especialistas, es decir, con criterio profesional lo suficientemente desarrollado para dar una opinión acertada, estas personas laboran en el área ambiental de la EAAV, quienes realizaron un estudio del conocimiento del riesgo para algunas PTAP adscritas a la empresa de acueducto.

Se toma como referencia el método Delphi debido a que es una técnica rápida y que se tiene en cuenta el criterio de profesional, por lo tanto, permite mayor aproximación a la realidad del estado del conocimiento de riesgo presente en cada planta. (Red Global de Conocimientos en Auditoría y Control Interno, 2014)

Lo primero que se realizó con el método Delphi fue la elección de los participantes, que se escogieron debido a su experiencia en la elaboración del estudio de riesgo de la EAAV realizado anteriormente, se procedió a encuestar a cada uno por medio de un formato en el Anexo A, cabe resaltar que antes de entregar la encuesta se realizó una presentación sobre las observaciones encontradas en la visita de campo y la información secundaria recolectada acerca de cada una de las posibles amenazas estipuladas en la herramienta metodológica para acueductos del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en conjunto con la UNGR, finalmente, se analizaron los resultados, presentando las tablas de clasificación del nivel de riesgo.

Para clasificar el nivel de amenaza se tuvo en cuenta los escenarios que hacen parte del sistema de abastecimiento, la calificación se realizó mediante la escala de nivel de riesgo que se muestra en la Tabla 2, la valoración se dividió en tres (3) categorías diferenciadas por colores, siendo verde la amenaza más baja o nula, es decir, que nunca se ha presentado o con poca probabilidad de que se llegué a presentar, para la amenaza de categoría media se designó el color amarillo, este nivel se caracteriza por tener un grado de probabilidad más alto que el anteriormente mencionado de que suceda y cause daños no tan significativos, por último el nivel alto se señaló con el color rojo, el cual se distingue por tener la probabilidad de ocurrencia más altas y que sus daños sean catastróficos, también se tiene en cuenta se ya ha sucedido con anterioridad.

Tabla 2 Calificación del nivel de amenaza

		ALTO
		MEDIO
		BAJO

Fuente: Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014

Para la identificación de la vulnerabilidad, el proceso consistió en la identificación de los componentes del sistema de potabilización de agua susceptibles a daños o de más factores que puedan incidir en su correcto funcionamiento, es por esto que según la Resolución 0549 de 2017,

se consideran como elementos de vulnerabilidad los siguientes factores: Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad del agua, la capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua, la capacidad financiera para tratar los contaminantes que deterioran la calidad del agua, la disponibilidad de manual de procesos y procedimientos para tratar contaminantes, y la capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad del agua.

2.1. Diligenciar la matriz para la identificación de amenazas

Para esta actividad se revisaron los eventos pasados con la finalidad de reconocer e identificar cuáles son los riesgos que han tenido una mayor ocurrencia y con mayor grado de daño, también conocer la época y el año de la manifestación, es por esto que se adopta la matriz para identificación de amenazas descrita en la cartilla “Herramientas metodológicas para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicio de acueducto, alcantarillado y aseo.” (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2014)(Tabla 3).

La matriz se realizó de manera individual para cada una de las PTAP que se estudian en el presente estudio, con el fin de determinar las amenazas que se tendrán en cuenta para realizar la matriz de valoración de riesgos naturales al sistema de potabilización de agua.

Tabla 3 Matriz de identificación de amenazas.

AMENAZA	SI	NO
Inundaciones		
Fenómenos de remoción en masa		
Avenidas torrenciales		
Sequías		
Meteorológicas		
Sismos		
Erupciones volcánicas		
Incendios		
Desertificación		
Contaminación		
Acciones violentas		
Colapsos en la infraestructura		

Nota. Recuperado de *Ministerio de vivienda, ciudad y territorio*. Adaptado por María Carrillo, 2019

2.2. Realizar la valoración de amenazas antropogénicas

En esta actividad se realizó la valoración de los riesgos antropogénicos por medio de la matriz descrita en la Tabla 4, la cual fue adaptada anteriormente por parte de la EAAV en su estudio de riesgo, programa de reducción de riesgo y plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano realizado en el año 2018, la cual esta descrita en la cartilla de Herramientas metodológicas para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.

Las amenazas antropogénicas son como se mencionó anteriormente en la segunda fase, las que son producto de la acción humana, es por eso por lo que los factores que se tienen en cuenta para realizar la valoración de los riesgos antropogénicos son:

- La contaminación: Es la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que en gran cantidad pueden generar un desequilibrio en los componentes del agua (Cumbre Pueblos , 2017)
- Las acciones violentas: Son los conflictos bélicos, actos terroristas, guerrillas y demás actos que produzcan daños y víctimas producto de los conflictos.
- La interrupción en el fluido eléctrico: Conexiones eléctricas inadecuadas producto de la acción del hombre.
- El colapso estructural: Producto de las fallas estructurales de las construcciones o componentes del sistema por mal elaboración, problemas de mantenimiento debido al deterioro a causa de los años.
- Las tecnologías: Accidentes originados por fallas en los sistemas tecnológicos de los procesos.

Tabla 4 Matriz de riesgos antropogénicos

Tipo de amenaza antropogénicas	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Contaminación							
Acciones violentas							
Interrupciones en fluido eléctrico							
Colapso estructural							
Tecnológicas							

Nota. Recuperado de Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Adaptado por María Carrillo 2019

2.3. Realizar la valoración de las amenazas naturales.

En esta actividad se valoraron los riesgos naturales por medio de la matriz (Tabla 5) descrita en la resolución 0549 de 2017; en donde se aborda la totalidad el proceso de la PTAP, en esta actividad no se dividió la PTAP por proceso si no que se tomará la amenaza para toda la planta teniendo en cuenta que es de tipo compacta y todos sus componentes están próximos.

Para la valoración de las amenazas naturales, se tuvo en cuenta la información y estudios existentes, así como mapas de las amenazas naturales del municipio y más exactamente de las zonas de estudio, también se encontró que ninguna de las PTAP estudiadas ha sufrido de algún desastre que afecte el correcto funcionamiento de la planta por lo cual no se evidenciaron datos históricos.

Las amenazas naturales, como se mencionó anteriormente se pueden definir como procesos geológicos o climatológicos que son potencialmente dañinos para el ambiente y/o población, y son impredecibles, es por ello, que es de suma importancia conocer las amenazas naturales a las que se encuentra expuesta determinada área, con el fin de estar preparado frente a cualquier eventualidad y reducir los posibles daños que se puedan presentar. (Aiello, Aranda, & Barale, 2007)

Tabla 5 Matriz de riesgos naturales

Tipo de amenaza natural	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Sismicidad							
Vulcanismo							
Deslizamientos							
Erosión							
Lluvias intensas							
Sequías							
Vientos							

Nota. Recuperado de Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Adaptado por María Carrillo, 2019

Los factores de amenaza natural que se tuvieron en cuenta para realizar la valoración de los riesgos son:

- Sismicidad: En la sismicidad se tiene en cuenta el estudio de los sismos que se presentes en la zona de estudio, siendo los sismos las vibraciones o movimientos bruscos de la tierra producidos por fallas tectónicas y actividad volcánica. (IDIGER, 2018)
- Volcanismo: Erupciones volcánicas, descarga de lava, salida de gases tóxicos y nocivos, producción de agua lluvia. (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2006)
- Deslizamiento: Movimiento de masas en zonas inestables, laderas, provocan avalanchas.
- Erosión: Es un proceso natural que se define como la pérdida de la calidad del suelo, afectando las funciones y servicios ecosistémicos que este cumple, reduciendo su capacidad productiva. (SIAC)
- Lluvias intensas: Avenidas torrenciales, inundaciones.
- Sequías: Se define como la falta de agua aguda, es un periodo seco anormal, a tal punto que el agua no alcanza a suplir las necesidades normales de la población o el ecosistema, pueden llegar a ocasionar incendios forestales. (UMAIC, 2010)

2.4. Realizar la valoración de las amenazas socio- naturales.

Para la valoración del riesgo socio- naturales se toman la matriz descrita en la

Tabla 6, dichas amenazas son la relación entre la sociedad y el medio natural, siendo la sociedad la generadora de situaciones de riesgo de desastre que se pueden potenciar por acción de los fenómenos naturales, es decir, las amenazas de origen natural. (Campos Vargas, Tosca Aparicio, & Campos Alanis, 2014)

Tabla 6 Matriz de riesgos socio-naturales.

Tipo de amenaza siconaturales	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Inundaciones							
Avenidas torrenciales							
Fenómenos de sequía							
Desertificación							
Incendio forestales							

Nota. Recuperado de ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Adaptado por María Carrillo, 2019

Los factores con los que se trabajó esta actividad debido a que se evaluaba el riesgo socio-natural fueron:

- Inundaciones: Inundaciones que se ven favorecidas por las actividades antrópicas como la cercanía de asentamientos cercanos a las riveras de los ríos, suelo asfaltado que impide la absorción del agua provocando acumulación de agua y por ende inundaciones (VICTORES, 2014)
- Avenidas Torrenciales: Son un movimiento en masa que se produce en los ríos, el cual trasporte un volumen significativo de sedimentos que pueden ocasionar avalanchas. (Acosta, 2011)
- Fenómenos de Sequia: Es un fenómeno que evoluciona con el paso del tiempo y destruye de forma gradual el ambiente, se define como un déficit de lluvia en un periodo de tiempo

prolongado. (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2010)

- Desertificación: Degradación de la tierra en zonas que presentan explotación como la minería, ganadera y agricultura. (Green Facts, 2005)
- Incendios Forestales: Fuego que se propaga o se inicia sin control por acción del hombre. (Ministerio de Ambiente, 2011)

2.5. Evaluar la vulnerabilidad de cada PTAP.

Para la evaluación de la vulnerabilidad se tuvo en cuenta los numerales descritos en la Resolución 0549 de 2017 que se describen a continuación

2.5.1. Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad del agua.

En este numeral se verificó si la empresa prestadora del servicio público de acueducto cuenta con la capacidad para identificar las sustancias que pueden afectar la calidad del agua para consumo humano, para esto se tuvo en cuenta los laboratorios y los puntos de muestreo de agua, para esto se tomó la tabla de la evaluación del laboratorio que efectúa los análisis de control, estipulada en la Resolución, se observa a continuación en la **Tabla 7** .

Tabla 7 Evaluación del laboratorio

Evaluación del laboratorio que te efectúa los análisis de control			
Preguntas	Si	No	Observaciones
¿Existe un laboratorio?			
¿Dónde están ubicados?			
¿Están autorizados o acreditados, por cuál entidad?			
¿Se utilizan?			
¿El laboratorio autorizado o acreditado tiene la capacidad para determinar los contaminantes que alteran la calidad del agua?			

Nota: Información detallada de evaluación de laboratorio, Basado de la Resolución 0549 de 2017

2.5.2. Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua

Es la capacidad que tienen las PTAP para tratar los con los contaminantes que trae el agua, es por eso que se deben identificar los procesos unitarios y la infraestructura como tal de la planta, para esto la Resolución 0549 de 2017 presenta la **Tabla 8** de Evaluación de la capacidad instalada del sistema de tratamiento de agua

Tabla 8 Evaluación de la capacidad instalada del sistema de tratamiento de agua

Sistema de Tratamiento de Agua	Existe		Funciona		Observaciones
	Sí	No	Sí	No	
Desarenación					
Planta de tratamiento					
Coagulación/ Floculación					
Sedimentación					
Filtración					
Desinfección					
Existen procesos de remoción que permitan el control de:					
Protozoos					
Bacterias					
Virus					
Metales pesados					
Hidrocarburos					
Plaguicidas fertilizantes					
¿Existen otros procesos de tratamiento de agua?					
¿Tiene definidos los rangos máximos de contaminantes para la operación?					

Nota: Información detallada de evaluación de la capacidad instalada del sistema de tratamiento de agua, basado de la Resolución 0549 de 2017

2.5.3. Capacidad financiera para tratar los contaminantes que deterioran la calidad del agua.

Esta trata acerca de los recursos económicos que se deben garantizar para un correcto funcionamiento de las PTAP, teniendo en cuenta los gastos en personal capacitado, los químicos necesarios y el mantenimiento de las estructuras, entre otros, es necesario como mínimo identificar lo que se señala en la **Tabla 9**.

Tabla 9 Evaluación de la capacidad financiera para tratar los contaminantes que deterioran la calidad del agua.

Preguntas	Sí	No
¿Cuenta la entidad con los recursos económicos para el funcionamiento y mantenimiento del sistema de suministro de agua para consumo humano?		
¿Cuenta la entidad con los recursos económicos para la compra de los reactivos e insumos químicos requeridos para el tratamiento del agua para consumo humano?		
¿Los recursos se utilizan efectivamente en el tratamiento del agua para consumo humano?		
¿Cuenta con reservas de los insumos y elementos requeridos para la operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua para consumo humano, en sus bodegas de almacenamiento?		

Nota: Información detallada de evaluación de la capacidad financiera del sistema de tratamiento de agua, basado de la Resolución 0549 de 2017

2.5.4. Capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad del agua

Esta se relaciona con la parte de talento humano de la PTAP, es decir, los operarios y técnicos certificados para realizar dicha labor, que se encuentren capacitados para identificar contaminantes y la manera adecuada para tratar el agua con el fin de que cumpla con los requerimientos de calidad para su consumo.

Tabla 10 Evaluación Talento Humano

Preguntas	Si	No
¿Los operarios y técnicos del sistema de suministro de agua para consumo humano se encuentran certificados en la respectiva competencia laboral?		
¿Los técnicos cumplen con el perfil requerido de acuerdo con los procesos y procedimientos establecidos?		
¿El personal capacitado presta sus labores en la identificación de la amenaza?		
¿Los técnicos y operarios son capacitados en la identificación de la amenaza?		
Los aspectos técnicos utilizados en la capacitación de la amenaza corresponden a:	Describir	

Nota: Información detallada de evaluación del talento humano, basado de la Resolución 0549 de 2017

Fase 3: Análisis de resultados

En esta fase se analizaron los resultados obtenidos en las anteriores fases con la finalidad de evidenciar cual es la amenaza más alta a la que está expuesta la PTAP y por consiguiente la calidad del agua que se suministra a la población, para así poder hacer las recomendaciones respectivas a la EAAV con respecto a las amenazas más significativas y que requieren mayor atención.

3.1. Analizar cada una de las matrices de amenazas elaboradas

Se analizó cuál es la amenaza que más atenta contra el Sistema de Agua Potable Subterránea de cada planta estudiada, para el análisis se tuvo en cuenta los estudios existentes con anterioridad con respecto a los riesgos y amenazas en la región, también se tuvo en cuenta el criterio profesional de los expertos, los cuales se habían encargado de hacer un estudio de riesgo anteriormente para la empresa de acueducto de la ciudad.

CAPITULO V Resultados y análisis de resultados

A continuación, se describen los resultados obtenidos de cada una de las fases y actividades que dan cumplimiento con los objetivos planteados en este trabajo, junto con su respectivo análisis para cada una de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) estudiadas que se encuentran ubicadas en la ciudad de Villavicencio en las comunas cuatro (4) y ocho (8), más exactamente en los barrios: La Reliquia, 13 de Mayo y Pinares de Oriente.

Las Plantas de Agua Potable son compactas, fabricadas de lámina de acero al carbón, consta de una torre de aireación de cinco (5) bandejas, en la cual oxigena, se aplica sodio y carbón activado al agua, un cono de mezcla rápida en el cual se incorporan los productos químicos al agua para hacerla potable, un floculador donde se le adicionan floculantes al agua para aglutinar las sustancias coloides presentes en la misma, el sedimentador encargado de eliminar los sólidos suspendidos, posee también el tanque de igualación, una bomba y filtros mecánicos.

Debido a que todas las plantas se encuentran en la ciudad de Villavicencio, Meta, comparten algunas generalidades y/o amenazas, las cuales serán descritas a continuación y se tendrán en cuenta más adelante en el documento a la hora de justificar los resultados obtenidos en el estudio del conocimiento del riesgo.

Generalidades PTAP La Reliquia

La PTAP del barrio La Reliquia se encuentra ubicada en las coordenadas 4° 7'54.90"N, 73°32'56.10"O, sobre la avenida principal del barrio, situado al oriente de la ciudad de Villavicencio, más exactamente en la comuna 4 y limita con el barrio La Reliquia y el caño Maizaro y Rodas., además se encuentra junto al puesto de salud de dicho barrio, el pozo subterráneo del cual se extrae el agua tiene una profundidad de 230 metros (m) y proviene de un acuífero semiconfinado, hasta el mes de Agosto de 2019 dicha planta registra un IRCA de 0.0 %, es decir que es un agua sin riesgo y apta para el consumo humano, esta planta cuenta con un caudal de 20 L/s con el cual suministra agua potable a una población de 21.000 usuarios, es decir, se

benefician cerca de 2.148 hogares según los datos de la EAAV, los cuales en su mayoría fueron víctimas del desplazamiento forzado en el país (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 2017),

Este barrio como se ha mencionado anteriormente comenzó como un asentamiento informal, por lo que sus habitantes estuvieron sin servicios públicos un tiempo considerable debido a su condición, fue hasta el año de 2015 que se constituyó de forma legal, no obstante, aún hay deficiencia en el servicio de alcantarillado, situación que provoca que las aguas negras se depositen en las calles. (EL TIEMPO, 2015)

Según información obtenida de parte de la EAAV la planta tiene una capacidad de bombeo de 20l/s, antiguamente funcionaba para abastecer toda la comunidad, pero debido al crecimiento poblacional, la planta ya no alcanza a suplir la demanda de agua en el sector, es por eso que la empresa suministra el agua desde una línea de acueducto del barrio Popular y la planta de la Reliquia se conserva como una línea de apoyo, la cual realiza el bombeo de 4:30 am a 9:00 pm, cabe resaltar que las instalaciones de la planta tiene servicio de vigilancia solo en las horas nocturnas, debido a que se teme por la integridad de la planta debido a la inseguridad del sector donde está ubicada.

En la visita perpetuada en la PTAP se realizó una entrevista (Anexo B) al operario encargado de la planta, con el fin de obtener información acerca del funcionamiento, estructura y la dinámica de la planta, así como también de eventos ocurridos, también se tuvo en cuenta la precepción de los operarios con respecto a las amenazas que creen se pueden llegar a presentar en cada una de las PTAPs, las respuestas obtenidas en la entrevista se mencionan a lo largo del desarrollo de este trabajo, donde es pertinente mencionar lo manifestado por cada operario de la PTAP, además al final de cada entrevista se realizó un registro fotográfico de las amenazas y condiciones actuales observadas en la planta.

Amenazas Antropogénicas PTAP La Reliquia

Para esta valoración se tuvo en cuenta la opinión de 5 expertos pertenecientes a la EAAV que se desempeñan en la parte de ambiental; en la Tabla 11, se observa que la amenaza más alta que

se presenta en la planta son las acciones violentas, tanto al personal o las instalaciones de la PTAP, puesto que según información recolectada durante la entrevista al operario de la planta, este manifestó que cuando se presentan fallas en el servicio de acueducto la población se manifiesta en contra de la planta física y los trabajadores de la misma, lo que puede llegar a causar daños al sistema de potabilización perjudicando la calidad del agua y del servicio suministrado.

Tabla 11 Amenazas Antropogénicas PTAP La Reliquia

LA RELIQUIA							
Tipo de amenaza antropogénicas	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Contaminación							
Acciones violentas							
Interrupciones en fluido eléctrico							
Colapso estructural							
Tecnológicas							

Nota: Información detallada sobre Amenazas Antropogénicas, por María Carrillo, 2019

Otra amenaza que se calificó como alta es el colapso estructural del tanque de almacenamiento construido en el 2003, ya que en la visita realizada se evidenció que el tanque presenta grietas y fisuras por las cuales se presentan fugas de agua (ver

Figura 12), el operario de la planta informó que dichas irregularidades ya se encuentran reportadas a la EAAV, con el fin de prevenir posibles desastres futuros se recomienda el cambio del tanque de almacenamiento.



Figura 12 Fisuras en el tanque de almacenamiento PTAP La Reliquia. María Carrillo, 2019



Figura 13 Torre de aireación PTAP La Reliquia. María Carrillo, 2019

En cuanto a las amenazas restantes presentadas en la matriz cabe resaltar que la red de distribución del agua presentó una amenaza intermedia ante las acciones violentas, ya que en algunas ocasiones, ante la falta de suministro de agua, la comunidad ha generado disturbios, en donde se ha temido por la integridad tanto del personal de la planta como de la infraestructura de la PTA.

Ante los escasos cortes de suministro de energía a la planta, se determinó amenaza media, debido a que podrían afectar equipos, como la torre de aireación, el floculador, el tanque de almacenamiento y la red de distribución, según el operario de la planta, cuando se ha presentado esa situación crea conflicto entre la EAAV y la comunidad, por ello que se toma como una amenaza media, debido a que también incide en la amenaza de acciones violentas.

La amenaza de contaminación es media debido a que el barrio La Reliquia en sus inicios fue un asentamiento ilegal, no contaba con servicio de alcantarillado (EL TIEMPO, 2006), condición que hace vulnerable al pozo profundo, ya que se pueden presentar infiltraciones por fugas de aguas residuales que podrían llegar a afectar el agua que se encuentra allí.

Amenazas Naturales PTAP La Reliquia

Debido a que la planta potabilizadora es compacta y que el agua es de origen subterránea todos los procesos se llevan a cabo en una zona de aproximadamente 430m², por lo tanto las amenazas ambientales se evaluaron de forma generalizada para todo la PTAP

Tabla 12 Amenazas naturales PTAP La Reliquia

Tipo de amenaza natural	LA RELIQUIA						
	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Sismicidad							
Vulcanismo							
Deslizamientos							
Erosión							
Lluvias intensas							
Sequías							
Vientos							

Nota: Información detallada sobre Amenazas naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

En la Tabla 12 se observa que la amenaza de mayor preocupación y que tiene el mayor nivel con respecto a las demás son los sismos, esto se debe a que la ciudad de Villavicencio se encuentra en una zona llamada frontal, en la cual todas las ciudades que estén sobre la zona presentan una amenaza alta y constante de sufrir sismos y terremotos, en los alrededores de la ciudad se encuentran las fallas de Servitá, El Mirador, Bavaria, Caño Buque y Villavicencio, entre otras, debido a que la ciudad se localiza (Ramirez Leal, 2007)

En la Figura 17 se observa el mapa cromático de zonificación de amenaza sísmica en Colombia, en este se identifica el grado de amenaza por medio de colores, siendo las zonas de color rojo las de la amenaza sísmica alta, amarillo es amenaza media y verde amenaza baja; dicho esto se evidencia que las zonas de amenaza sísmica más altas en Colombia se encuentran sobre la cordillera occidental y oriental, debido a la ubicación del municipio de Villavicencio la amenaza sísmica es la más alta. (Servicio Geológico Colombiano , 2016)

La región ha presentado sismos de considerable magnitud a lo largo de su historia con fenómenos asociados a la remoción en masa, en los cuales se han presentado daños en la infraestructura de la ciudad y en ocasiones ha cobrado la vida de algunos habitantes, el registro histórico de sismos informa que el sismo más grande presentado en la ciudad de Villavicencio fue el día 31 de agosto de 1917 con una magnitud de 7.3 en la y una intensidad de 8 de Mercalli que ocasionó la muerte de varias personas, así como daños en edificaciones. (Ramirez Leal, 2007)

El poder destructivo de los sismos también tiene variables como la dirección, tipo de suelo, duración y frecuencia, en Villavicencio según datos del SGC señala que la intensidad máxima de los sismos observada es de daño moderado, es decir, que lo que ocurre es que se presentan algunos daños en las estructuras como grietas, caída del revestimiento, destrucción de muros, entre otros, en cuanto la población solo se sufre el pánico del momento. (Sarabia Gómez, 2015)

Es por todo lo anteriormente mencionado la amenaza más significativa que tiene la planta es la sismicidad, ya que es algo inevitable e impredecible pero que se puede manejar y mitigar tomando las medidas de protección adecuadas y contando con un buen plan de gestión del riesgo, que permita la preparación para cualquier evento o desastre que pueda suceder, la amenaza sísmica aumenta debido a que en la PTAP de La Reliquia también existe una amenaza de colapso estructural del tanque de almacenamiento el cual como se mencionó anteriormente presenta fisuras y el suelo presenta grietas en algunos sectores como se observa en la Figura 14, que puede provocar una interrupción en la prestación del servicio público.

Además, en las inmediaciones de la planta se encuentran un árbol y una valla informativa antigua (Figura 15) que según manifestó el operario ya informó a cerca de la amenaza del árbol y de la valla pero aún no lo solucionan,



Figura 14 Suelo inestable PTAP La Reliquia.

Fuente: María Carrillo, 2019



Figura 15 Árbol y valla informativa.

Fuente: María Carrillo, 2019

La amenaza volcánica en el municipio es nula ya que no se encuentran volcanes cercanos como se puede apreciar en el mapa de vulcanismo de la Figura 16 suministrado por el Servicio Geológico Colombiano, en el cual se evidencian los volcanes del país, en la figura se resaltan que los volcanes se encuentran ubicados en la cordillera central, es decir, que el municipio de Villavicencio no tiene volcanes cercanos debido a su ubicación en la cordillera oriental en el piedemonte llanero, es por ello por lo que aparece en la matriz con baja amenaza.



Figura 16 mapa Volcánico Colombia, (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

La amenaza de Erosión en la PTAP de la Reliquia es baja debido a que la planta se encuentra en un terreno estable y plano, por lo cual no se sufriría algún daño que pudiera interferir con el suministro ni la calidad del agua potable, al encontrarse lejos de las montañas o ríos cercanos, la planta no se encuentra expuesta a amenazas de deslizamientos que puedan llegar a afectar la prestación normal del servicio público.

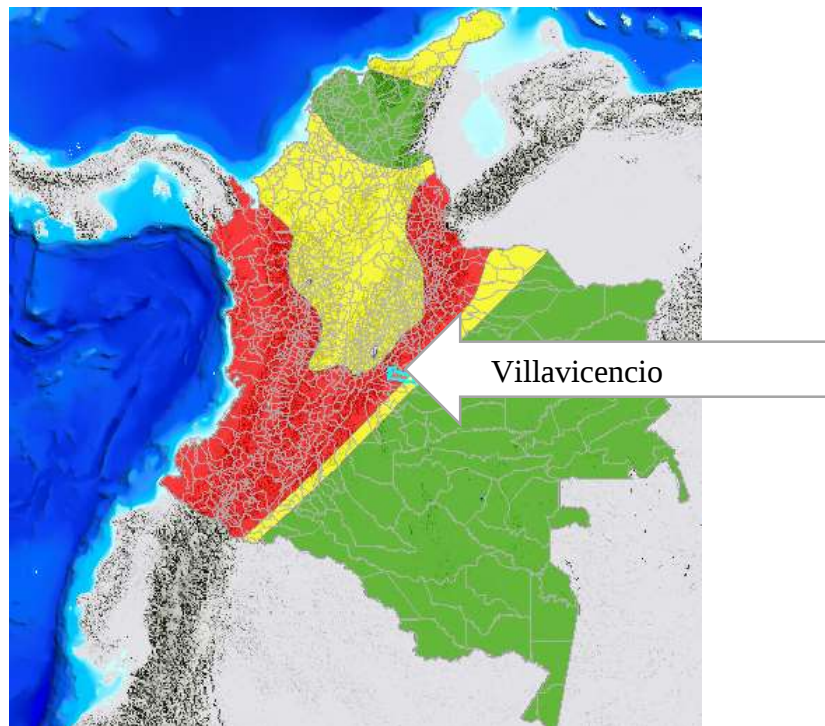


Figura 17 Mapa de Zonificación sísmica de Colombia. SGC, adaptado por María Carrillo, 2019

El municipio de Villavicencio, posee un clima bimodal y se caracteriza por tener solo temporada de lluvias en la cual se alcanzan precipitaciones de 625 mm al mes, y temporada de sequía en su punto máximo que se presenta en el mes de enero registra en promedio 64mm de agua al mes, siendo esa última temporada en los meses de diciembre, enero y febrero la más crítica en tema de sequía ya que son los meses en los que se registran menos lluvias y falta de agua, por eso se tiene que si la sequía es lo suficientemente fuerte y duradera puede secar la fuente de suministro de agua potable de la planta y bajar la capacidad de abastecimiento de la misma, debido a esto se catalogó como un riesgo medio (IDEAM).

La temporada de lluvia comienza en el mes de abril y va hasta el mes de junio, presentando los mayores promedios de lluvia causando inundaciones en la ciudad, pero debido a que el suelo donde se encuentra la planta este revestido con material rocoso que permite una mayor absorción de agua y no se encuentra en un perímetro cercano al río el riesgo no es tan significativo, según el mapa de la Zonificación Por Amenazas Naturales, Inundación, Suelo Rural (Alcaldía de Villavicencio, 2015) que se puede ver en el

Anexo C, indica que en la PTAP La Reliquia se encuentra en riesgo bajo de inundación

El riesgo de que se presenten vendavales o vientos fuertes en la ciudad es muy bajo, esto se debe a que son fenómenos poco frecuentes debido a que la velocidad promedio del viento para la región es de dos (2) a cuatro (4) metros por segundo (m/s), el IDEAM considera vendaval a los vientos de velocidades superiores a catorce 14 m/s, en el

Anexo D, se puede apreciar el mapa de los vientos para Colombia. (IDEAM, 2018)

Amenazas Socio-Naturales PTAP La Reliquia

En la Tabla 13 se evidencian las amenazas socio-naturales a las que está expuesta la planta de agua, teniendo en cuenta la ubicación de la planta y la distancia a la que se encuentra de algún cuerpo de agua superficial que es de un kilómetro de distancia con respecto al Caño Maizaro, se determinó que no puede llegar a sufrir inundaciones, según el mapa de Inundaciones del

Anexo C, la probabilidad de inundación es baja, ayuda también que dentro de la planta el suelo está recubierto por grava (Figura 18), la cual permite que el agua lluvia se infiltre y no cause inundaciones.

En la Figura 19 se divisa un transformador eléctrico ubicado dentro de la planta, el cual puede llegar a ocasionar un conato de incendio si llega hasta un árbol aledaño, causan que se extienda el fuego, que podría ocasionar un incendio forestal, por esta razón se toma el riesgo de incendio forestal como magnitud media.



Figura 18 PTAP La Reliquia suelo en grava. Fuente: María Carrillo, 2019



Figura 19 Riesgo Eléctrico. Fuente: María Carrillo, 2019.

Tabla 13 Amenazas socio-naturales PTAP La Reliquia

Tipo de amenaza sicionaturales	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Inundaciones							
Avenidas torrenciales							
Fenómenos de sequía							
Desertificación							
Incendio forestales							

Nota: Información detallada sobre Amenazas socio-naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

En el municipio de Villavicencio se presentan avenidas torrenciales en las épocas de lluvia, las cuales cada vez son más fuertes, que si bien no se presentan de forma frecuente, pueden llegar a representar una amenaza, que acompañadas de otros fenómenos climáticos como el de la “niña” pueden aumentar el grado de amenaza, causando inundaciones en las poblaciones que se encuentran aledañas a algún cuerpo hídrico superficial, que combinados con los residuos sólidos y la contaminación presente pueden ocasionar un desastre, para el cual deben estar preparados los organismos de socorro de la ciudad, pero como se mencionó antes, donde se encuentra ubicada la planta tiene un riesgo bajo de inundación (Corporación Universitaria del Meta, 2018)

Generalidades PTAP 13 de mayo

El barrio 13 de Mayo cuenta con una población aproximada de 3.352 personas de las cuales cerca de la mitad son víctimas del desplazamiento forzado, su nombre se debe a que el 13 de mayo de 2008, se realizó el asentamiento ilegal en terrenos de propiedad de la alcaldía de Villavicencio, por parte de familias desplazadas (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 2017) , según la EAAV hay registrados 414 hogares o puntos que se benefician de la PTAP subterránea con capacidad de bombeo de 12,5 l/s, la cual presenta un IRCA de 0%, según los datos de laboratorio de la EAAV, es decir, que no representa riesgo para el consumo humano.

A pesar de que este barrio se encuentra legalizado por la alcaldía desde el 2015 aún no cuentan con alcantarillado, situación que ha causado que la población tenga diversas protestas con el

propósito de exigir un alcantarillado, ya que según manifestó la presidente de la Junta de Acción comunal del barrio, la señora Patricia González, se han presentado ocasiones en las que las aguas residuales domesticas han rebasado hasta afectar algunas viviendas de la zona y es posible que hayan llegado a infiltrarse contaminando las aguas subterráneas de los aljibes que poseen algunos habitantes del sector. (HSB Noticias, 2017)

Amenazas Antropogénicas PTAP 13 de Mayo

La

Tabla **14** enseña las amenazas de la PTAP del barrio 13 de mayo, evidencia que la única amenaza antropogénica alta que presenta son las acciones violentas que se puedan presentar por parte de la comunidad a la caseta de almacenamiento, aunque esta amenaza no tiene mucha relevancia a la hora de incidir en la calidad del agua, más si, tiene una relación indirecta con la prestación del servicio, pero también se nota un riesgo alto en acciones violentas contra la red de distribución.

La comunidad del barrio 13 de Mayo se ha manifestado en contra de la EAAV cuando el servicio falla debido a que el bombeo diario con caudal de 12,5 l/s no es suficiente para surtir la totalidad de los hogares demandantes del servicio, es por ello que la comunidad va hasta las instalaciones de la PTAP del sector para hacer reclamos, algo a tener en cuenta es que los beneficiarios de este punto aún no cancelan ese servicio, es decir, que es gratuito, entonces como la población no tiene una cultura de pago se espera que cuando le comiencen a llegar los correspondientes recibos y si el servicio continua presentando fallas las protestas de parte de los pobladores serán aún más graves.

En cuanto al colapso estructural cabe mencionar y destacar que la PTAP del 13 de Mayo es la planta más reciente de la EAAV, ya que comenzó su funcionamiento en el año 2016, por lo que toda su estructura se encuentra en buen estado y no representa riesgo alguno como riesgo de origen antrópico.

La amenaza de contaminación es en general de tipo medio para la planta, exceptuando al pozo profundo y el tanque de almacenamiento, debido a que estas estructuras son cerradas, condición que hace que los contaminantes externos no puedan variar la calidad del agua en dicha fase del proceso de potabilización y distribución del agua, aunque según el IRCA registrado del acueducto es de 0%, es decir, que no representa riesgo alguno para el consumo humano.

Tabla 14 Riesgo Antropogénico PTAP 13 de Mayo

13 DE MAYO							
Tipo de amenaza antropogénicas	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Contaminación							
Acciones violentas							
Interrupciones en fluido eléctrico							
Colapso estructural							
Tecnológicas							

Nota: Información detallada sobre Riesgo Antropogénico PTAP, por María Carrillo, 2019

Amenazas naturales PTAP 13 de Mayo

Dentro de las amenazas naturales que se encuentran evaluadas en la

Tabla 15 se destaca la amenaza sísmica como la más alta para esta planta con respecto a los demás, esto se debe a como se mencionó en párrafos anteriores al grado de amenaza sísmica de la ciudad de Villavicencio, que pueden provocar daños a la infraestructura, aunque esta planta es la más nueva y por ende está en un mejor estado y no presente problemas en su estructura.

De nuevo se reitera que, la zona de Villavicencio, Meta no es una zona volcánica por lo que el riesgo es nulo, así como los deslizamientos y la erosión del suelo, ya que la planta se encuentra en un terreno plano, sin montes cercanos, por lo que la amenaza de sufrir alguno de estos desastres es insignificante y no tienen validez por la ubicación de la planta.

Las lluvias intensas y las sequías si pueden llegar a tener algún grado de afectación en la planta y con ello al suministro y la calidad del agua, como lo es la cercanía a dos ríos, que aunque la planta se encuentra fuera del área de inundación según el mapa de inundaciones (C), no se debe descartar esta amenaza; con respecto a las sequías según su magnitud puede producir que se baje el nivel de agua subterránea del pozo de donde se abastece la población, provocando un déficit en el suministro de agua.

La temporada con más viento va desde mitad del mes de diciembre, hasta principio de mes de abril, con velocidades promedio de 5.6 Km/h que tan solo llega ser clasificado como brisa suave según la escala de Beaufort y no tiene gran relevancia con respecto a algún suceso catastrófico, por lo anterior es que el riesgo por vientos al sistema de potabilización de agua es bajo. (IDEAM, 2018)

Tabla 15 Amenazas Naturales PTAP 13 de Mayo

13 de MAYO							
Tipo de amenaza natural	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Sismicidad							
Vulcanismo							
Deslizamientos							
Erosión							
Lluvias intensas							
Sequías							
Vientos							

Nota: Información detallada sobre Amenazas Naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

Amenazas Socio-Naturales PTAP 13 de Mayo

Las amenazas Socio-Naturales están valoradas en la Tabla 16, la cual se encuentra a continuación destacando las amenazas tipo medio, los cuales son las avenidas torrenciales y los fenómenos de sequía, porque, la región presenta temporadas lluviosas dejan bastantes estragos en la región (IDEAM, 2019), en la cual en el año caen aproximadamente 3856 mm de lluvia, y los veranos llega a presentarse temperaturas máximas de 32°C (Climate-Data.org), debido a que la planta se encuentra en un área que no es inundable, la amenaza de inundación no es alta, pero para los fenómenos de sequía se puede llegar a presentar la escasez de agua en el pozo subterránea generando un deterioro en el servicio de abastecimiento de agua.

Tabla 16 Amenazas Socio-naturales PTAP 13 de Mayo

Tipo de amenaza siconaturales	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Inundaciones							
Avenidas torrenciales							
Fenómenos de sequia							
Desertificación							
Incendio forestales							

Nota: Información detallada sobre Amenazas Socio-naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

Generalidades PTAP Pinares de Oriente

Según la EAAV actualmente cubre 617 hogares de forma lícita, es decir, que están registrados con la empresa de acueducto, el barrio aún después de pasados dos años de su entrega aún tiene deficientes vías de acceso, las calles están sin pavimentar y el suelo presenta estancamientos de agua lo cual produce que el terreno sea fangoso.

La planta tiene una capacidad de bombeo de 23 l/s, abastece solo a la población del barrio Pinares de Oriente, el cual se caracteriza por ser un barrio conformado por viviendas de interés social, en la visita se evidenció que hace falta el encerramiento de la Planta para evitar inconvenientes con la comunidad, el pozo se encuentra 152m de profundidad y el agua se extrae de un acuífero semiconfinado, la PTAP es de tipo compacta con un caudal de diseño de 30l/s la cual reporta un IRCA de 0%, es decir que no representa riesgo para el consumo humano, además

la planta cuenta con un tanque de almacenamiento elevado con capacidad de 500m³, a una altura de 23m, y finalmente el agua es distribuida por medio de gravedad a las viviendas.

Amenazas Antropogénicas PTAP Pinares de Oriente

Las amenazas antrópicas se encuentran evaluadas en la Tabla 17, y en esta se resalta como amenaza alta las acciones violentas, debido a que la PTAP se encuentra sin encerramiento como se puede observar en las Figura 20 y Figura 21, lo que permite el paso de personas no autorizadas a las instalaciones, incrementando la posibilidad de sufrir acciones violentas de parte de la comunidad, que en ocasiones anteriores atenta contra la planta cuando ocurre algún imprevisto con la prestación del servicio de acueducto.



Figura 20 Encerramiento PTAP Pinares de Oriente. *Fuente: María Carrillo, 2019*



Figura 21 PTAP Pinares de Oriente.

Fuente: María Carrillo, 2019

Una de las problemáticas que se presenta en esta PTAP es la interrupción del fluido eléctrico, ya que cada vez que sucede este imprevisto, se paraliza el funcionamiento de la planta debido a que la mayoría de sus procesos dependen de la energía eléctrica, y por consecuente afecta el suministro de agua, lo cual agrava la situación de las acciones violentas, debido a los cortes de agua.

Tabla 17 Amenaza Antropogénica PTAP Pinares de Oriente

PINARES DE ORIENTE							
Tipo de amenaza antropogénicas	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Contaminación							
Acciones violentas							
Interrupciones en fluido eléctrico							
Colapso estructural							
Tecnológicas							

Nota: Información detallada sobre Amenaza Antropogénica PTAP, por María Carrillo, 2019

Amenazas Naturales PTAP Pinares de Oriente

En la PTAP de Pinares de Oriente, la amenaza más alta que se presenta es la amenaza sísmica, la cual es producto de las fallas tectónicas presentes en la región, que hacen a Villavicencio una de las regiones más susceptibles a tener sismos y terremotos de grandes magnitudes, como se evidencia en el mapa de sismos de la Figura 17 en el cual se muestran las zonas de mayor amenaza sísmica en el país.

En la Tabla 18 las amenazas de valoración más baja son el volcanismo, los deslizamientos y los vientos; el volcanismo de amenaza nula debido a la zona de estudio en la cual no hay volcanes cerca, en cuanto a los deslizamientos, estos si son frecuentes en la región y más en la temporada de lluvia pero por la localización de la PTAP que está fuera de las zonas de inundación de los cuerpos hídricos aledaños, se encuentra sobre una zona plana que está a una distancia considerable de la montaña más próxima no presenta amenaza alguna, y por último los vientos de la región son considerados bajos como para que llegaran a ocasionar algún accidente o desastre. (IDEAM, 2018)

Tabla 18 *Amenazas Naturales PTAP Pinares de Oriente*

Tipo de amenaza natural	PINARES DE ORIENTE						
	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Sismicidad							
Vulcanismo							
Deslizamientos							
Erosión							
Lluvias intensas							
Sequías							
Vientos							

Nota: Información detallada sobre Amenazas Naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

Las lluvias intensas pueden causar inundaciones en los predios contiguos a la PTAP de Pinares de Oriente, pero no representan una grave amenaza puesto que el área donde se encuentra ubicada la planta es plana y no se inunda, sin embargo, se toma como amenaza media para tener medidas de contingencia, en caso de que llegara a pasar algún inconveniente.

Amenazas Socio-Naturales PTAP Pinares de Oriente

Las amenazas socio-naturales de la planta de Pinares de Oriente se encuentran valoradas en la Tabla 19 en la cual se evidencia que la amenaza más baja a la que se enfrenta la planta son los incendios forestales debido a que la planta está alejada de la zona Arborea y eso disminuye la posibilidad de ocurrencia.

Con respecto a las demás amenazas presentes como lo son las inundaciones, las avenidas torrenciales, los fenómenos de sequía y la desertificación, la probabilidad de que afecten el servicio de acueducto y la calidad del agua es baja, pero cabe una posibilidad de que en caso de extrema sequía y desertificación se perjudique de manera significativa el suministro de agua, es por eso por lo que el riesgo fue catalogado como medio.

En cuanto a las inundaciones según las observaciones realizadas en la visita el suelo tiene altos niveles de agua y tendiendo a ser fangoso, lo que provocaría inundaciones en los terrenos aledaños a la planta, pero es muy poco probable que tengan algún grado de incidencia significativa con el

funcionamiento de la PTAP, pero según el mapa de inundaciones que realizó la alcaldía de Villavicencio en el 2015 (

Anexo C), se ubica a la PTAP como riesgo miedo de inundación (Alcaldía de Villavicencio, 2015).

Tabla 19 Amenaza Socio-naturales PTAP Pinares de Oriente

Tipo de amenaza siconaturales	Caseta (almacenamiento de insumos químicos)	Pozo profundo	Torre de aireación	Floculador	Sedimentador	Tanque de almacenamiento	Red de distribución
Inundaciones							
Avenidas torrenciales							
Fenómenos de sequia							
Desertificación							
Incendio forestales							

Nota: Información detallada sobre Amenaza Socio-naturales PTAP, por María Carrillo, 2019

Vulnerabilidad

Para medir la vulnerabilidad se tuvo en cuenta lo estipulado en la Resolución 0549 de 2017, en la cual se tienen en cuenta los componentes del sistema de potabilización de agua, y la capacidad que tiene la empresa prestadora del servicio público que en este caso es la EAAV para hacer frente ante cualquier daño o contratiempo que se pueda presentar y atender contra la calidad del servicio.

De acuerdo a la guía de criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano, se consideran como elementos de la vulnerabilidad los siguientes factores

Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad del agua (Laboratorios y puntos de muestreo)

Para realizar la identificación de sustancias que afectan la calidad del agua para consumo humano, la EAAV cuenta con un laboratorio donde se realizan las muestras de calidad del agua y es apoyada o vigilada por la Unidad de Saneamiento Municipal y la Secretaría de Salud del Meta,

quienes realizan un control a la calidad del agua suministrada por cada una de las PTAP de la empresa. **Tabla 20**

La EAAV, posee un Laboratorio de Control de Calidad de Aguas, el cual está capacitado para realizar monitoreo y examinar muestras de agua según los parámetros establecidos en la Resolución 2115 del 2007 y el Decreto 1575 de 2007, las cuales establecen las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

42	4° 7' 46.173" N	73° 32' 52.416" W	LA RELIQUIA	CARRERA 60 ESTE CALLE 31 MZ 16
43	4° 7' 35.600" N	73° 32' 49.996" W	LA RELIQUIA	CARRERA 59 ESTE CALLE 28A ZONA VERDE
44	4° 5' 14.584" N	73° 33' 34.282" W	VEREDA APIAY	PRINCIPAL MARGEN IZQUIERDA LOTE VILLA MARIA
45	4° 5' 3.060" N	73° 39' 50.990" W	CIUDAD MILENIO	CARRERA 34 CALLE 50 SUR ESQUINA
46	4° 3' 22.131" N	73° 40' 18.261" W	MADIRD	SUPERMANZANA 8 MANZANA 5 CASA 1
47	4° 3' 17.361" N	73° 40' 28.072" W	MADIRD	SUPERMANZANA 7 MANZANA 4 CASA 35
48	4° 4' 34.499" N	73° 40' 34.165" W	PINARES DE ORIENTE	MANZANA RC CASA 16
49	4° 7' 20.187" N	73° 32' 13.809" W	TRECE DE MAYO	MANZANA H CASA 05

Los puntos de muestreo que toma el EAAV se sitúan en el barrio La Reliquia en dos sitios que son la Carrera 60 este calle 13 Mz 16 (4° 7' 46,173"N- 73°32'52,416") y en la Carrera 59 este calle 28ª (4° 7'35,600"N- 73°32'49,996"W), en el barrio Pinares de Oriente se encuentra en la Manzana RC casa 16 (4°4'34,499"N- 73°40'34,165"W), finalmente en el barrio 13 de Mayo el punto de muestreo se encuentra en la Mz H casa 05 (4°7'20,187"N- 73°32'13,809").

Tabla 20 *Evaluación del laboratorio*

Evaluación del laboratorio que te efectúa los análisis de control			
Preguntas	Si	No	Observaciones
¿Existe un laboratorio?	x		Si, la EAAV cuenta con uno propio
¿Dónde están ubicados?	x		Laboratorio Secretaría de Salud del Meta. (Calle 37 # 41-116)
			Laboratorio Universidad de los Llanos. (km 12 Vereda Barcelona)
			Planta de Tratamiento "La Esmeralda" (EAAV)
¿Están autorizados o acreditados, por cuál entidad?	x		Resolución 1615 de 2015 , Acreditación ONAC 11-LAB-051 bajo la norma NTC 17025:2005
¿Se utilizan?	x		Si, para control y seguimiento diario
¿El laboratorio autorizado o acreditado tiene la capacidad para determinar los contaminantes que alteran la calidad del agua?	x		Estan capacitados para realizar los parametros contemplados en la Resolucion 2115 de 2007

Nota: Información detallada de evaluación de la capacidad financiera del sistema de tratamiento de agua, basado de la Resolución 0549 de 2017, por María Carrillo, 2019

Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua

Para este numeral se unificaron los tres PTAP del estudio debido a que todas tienen el mismo diseño compacto y están adecuadas para realizar las mismas funciones y procedimientos, por esto se toma de manera conjunta en la **Tabla 21**, en la cual se señala la capacidad de las instalaciones y los procesos que aplica para la potabilización del agua.

Tabla 21 *Capacidad Instalada*

Sistema de Tratamiento de Agua	Existe		Funciona		Observaciones
	Si	No	Si	No	
Desarenación		X		X	
Planta de tratamiento	X		X		
Coagulación/ Floculación	X		X		
Sedimentación	X		X		
Filtración	X		X		
Desinfección	X				Realizado con hipoclorito de sodio
Existen procesos de remoción que permitan el control de:					
Protozoos	X		X		Este tipo de contaminantes son controlados a través del proceso de desinfección.
Bacterias	X		X		
Virus	X		X		
Metales pesados	X		X		
Hidrocarburos	X		X		No aplica
Plaguicidas fertilizantes	X		X		
¿Existen otros procesos de tratamiento de agua?		X		X	
¿Tiene definidos los rangos máximos de contaminantes para la operación?					Los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano están definidos de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007.

Nota: Información detallada de evaluación de la Capacidad Instalada del sistema de tratamiento de agua, basado de la Resolución 0549 de 2017, por María Carrillo, 2019

Discusión

A continuación, se presentan unas tablas de las amenazas más significativas de cada sistema según las matrices de riesgo valoradas anteriormente con el fin de conocer los factores de amenaza más relevantes para tenerlos en cuenta para los siguientes estudios o planes de riesgo y contingencia que se puedan desarrollar a futuro, en las se pueden evidenciar cuales amenazas son o no significativas para cada sistema de potabilización.

Tabla 22 Amenazas significativas PTAP

AMENAZA SIGNIFICATIVA	SI	NO
Contaminación	x	
Acciones violentas	x	
Interrupciones en el fluido eléctrico	x	
Colapso estructural	x	
tecnológicas		x
Sismicidad	x	
Volcanismo		x
Deslizamientos		x
Erosión	x	
Lluvias intensas	x	
Sequías	x	
Vientos		x
Inundaciones	x	
Avenidas torrenciales	x	
Fenómenos de sequia	x	
Desertificación	x	
Incendios forestales		x

NOTA: Resultado de las amenazas significativas PTAP, por María Carrillo, 2019

En la tabla 22 se tomó el conjunto de las tres PTAP estudiadas debido a que como se mencionó todas las plantas tienen el mismo diseño y estructura compacta, además están ubicadas en el municipio de Villavicencio y algunas como es el caso de la planta de La Reliquia y el 13 de Mayo se encuentran a aproximadamente 1,4 Km de distancia entre ellas y las características de su población son similares, así como las amenazas a las que se encuentran expuestas.

El riesgo más alto que se identificó en las tres PTAP fue el sísmico, esto debido a que como se mencionó anteriormente la ciudad se encuentra sobre varias fallas activas como lo es la más significativa que es la de Servitá, siendo la planta que más riesgo enfrenta con respecto a la amenaza sísmica es la del barrio La Reliquia, debido a que dentro de su parte física y estructural

se encuentra la amenaza del colapso de estructuras, que en este caso es el posible colapso del tanque de almacenamiento, amenaza que se intensificaría si se llega a presentar un sismo de gran magnitud en la zona, provocando daños y pérdidas a la EAAV y a la población que abastece dicha planta.

Las PTAP de Pinares de Oriente y 13 de Mayo no están exentas de presentar riesgos sísmicos, es por esto que el grado de calificación del riesgo es alto, aunque no presenta la misma vulnerabilidad que la PTAP del barrio La Reliquia, su riesgo sigue siendo de igual magnitud.

Otro Riesgo que se identificó en las tres plantas fue el de las acciones violentas debido a que el tipo de población a la cual se le suministra el servicio de acueducto tiene características similares como lo son el estrato social, población de recursos limitados y además tiene la costumbre del no pago, debido a ese factor y a que todas las plantas también presentan fallas en el fluido eléctrico que alteran el funcionamiento normal del acueducto, los beneficiarios en ocasiones atentan contra la estructura física de la planta o contra el operario que se encuentre laborando, incrementando el riesgo, al punto de que se considera un riesgo alto en este estudio teniendo en cuenta también que si se presenta conjunto a otra amenaza se magnifica el riesgo.

En la Planta que abastece al barrio Pinares de Oriente la situación con respecto a las acciones violentas es más alta con respecto a las demás, debido a que dicha instalación no cuenta con una debida protección de su delimitación, es decir, no tiene una estructura ni encerramiento que impida el paso de personal no autorizado a las instalaciones de la planta, situación que en ocasiones ha perjudicado a las operarios de la potabilizadora, creando inseguridad tanto para el suministro de agua como para el personal de la empresa.

En la ciudad de Villavicencio en general se viven periodos intensos de lluvias y sequías, es por eso que todas las plantas potabilizadoras de agua pueden llegar a sufrir de alguno de estos fenómenos, aunque la temporada de lluvias es intensa aún no se han presentado inundaciones en las plantas ya que no se encuentran en zona de inundación, además las PTAP del 13 de Mayo y La Reliquia tienen grava en el suelo para prevenir que se formen cuerpos de agua en su interior, situación que no sucede en la planta de Pinares de Oriente, la cual se encuentra cerca de una laguna

y se encuentra construida sobre terreno fangoso, lo que permite que se pose el agua en el interior de las instalaciones de la planta.

La temporada de sequía en la ciudad es severa por lo que se tomó como un riesgo medio ya que puede llegar a disminuir el agua de donde se benefician los acueductos pero aún no ha sucedido, sin embargo se tiene en cuenta debido a que es una amenaza recurrente en la región.

A pesar de que la ciudad de Villavicencio por encontrarse en el pie de monte llanero presenta un alto riesgo de deslizamiento, se debe destacar que las plantas están ubicadas en la parte baja de la ciudad alejadas de la cordillera, en zonas que no tienen riesgo de deslizamientos que puedan llegar a afectar el correcto funcionamiento de las PTAP.

Al iniciar el estudio, no se esperaba que las condiciones de la plantas con respecto a las amenazas fueran tan similares, porque la distancia que hay entre ellas es considerable, pero al realizar el estudio se fueron evidenciando cosas en común como lo son la estructura que cada una maneja, el tipo de población al que se realiza el suministro del servicio, y otros factores como los naturales, los cuales son similares por encontrarse en la misma región, en esos lo único que se variaba era en la intensidad según la vulnerabilidad de cada proceso.

En las plantas estudiadas no cuentan estudios anteriores a cerca del Estudio del Riesgo, debido a que como se mencionó al inicio de este trabajo, los encargados de realizar el estudio es la EAAV pero como no se tuvieron en cuenta cuando se realizó el documento en el 2017 por ello no existen registros antiguos de estudios del riesgo para dichas PTAP.

La importancia de este estudio radica en que se generaron nuevos datos acerca del conocimiento del riesgo para las plantas estudiadas, que servirán para próximos proyectos y/o trabajos que se vayan a realizar en la zona, también para dar solución a la Resolución 0549 de 2017 por parte de la EAAV.

Conclusiones y recomendaciones

Aunque el método de Delphi es subjetivo, funciona y arroja datos acertados, muy cercanos a la realidad si se emplea de la forma correcta, es decir, teniendo en cuenta la opinión de expertos conocedores del tema en cuestión, para llegar en conjunto a un análisis y resultado final que sea satisfactorio para cada participante y empresa o persona implicada.

El factor de Riesgo más alto en todas las plantas como se mencionó anteriormente es la amenaza sísmica, teniendo en cuenta dicho riesgo es necesario que se evalúe el grado de sismo resistencia de las estructuras de la planta, para prevenir cualquier desastre que pueda llegar a presentarse en caso de que se presente un sismo de gran magnitud, con el fin de no generar daños al patrimonio de la EAAV ni tampoco de interrumpir el servicio de acueducto a la población beneficiaria.

En específico para la PTAP de La Reliquia se recomienda que se evalúe si es necesario reparar o construir otro tanque de almacenamiento que cumpla con la normatividad colombiana, debido a que ya se prohibió el uso de asbesto según la Ley 302 de 2018, se recomienda que se sustituya el tanque de almacenamiento lo más pronto posible.

El Riesgo de las acciones violentas por parte de la comunidad está presente en todas las plantas, pero la más urgente y vulnerable es la PTAP del barrio Pinares de Oriente, debido a que no cuenta con una demarcación que impida el acceso de personal no autorizado a las instalaciones, es por esto que se recomienda construir una cerca apropiada para que impida el ingreso de personas indeseadas a la planta.

El riesgo eléctrico está presente en todas la PTAP estudiadas debido a que la gran parte de su funcionamiento requiere de energía eléctrica, entonces en caso de que se presente una interrupción en el fluido eléctrico puede suceder lo mismo con la potabilización del agua y por ende de la prestación del servicio, por ello se recomienda tener un método alternativos de energía en caso de que el flujo de energía tradicional que se usa en estos momentos presente fallas, como por ejemplo

una planta de energía eléctrica que respalde el proceso de potabilización cuando por alguna forma se interrumpa la electricidad.

En el estudio se encontró que al PTAP que se encuentra en las mejores condiciones con respecto a las demás es la del barrio 13 de Mayo, esto se debe a que es la planta más nueva adscrita al acueducto de la ciudad y la planta que más está deteriorada es la localizada en el barrio Pinares de Oriente debido a que como se dijo antes no cuenta con una cerca apropiada ni suelo que impida que se represe el agua lluvia.

Bibliografía

- Acosta, J. H. (2011). *Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá*.
Obtenido de *Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá*.:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/29734>
- Acueducto metropolitano de Bucaramanga. (05 de 09 de 2016). *Acueducto metropolitano de Bucaramanga*.
Obtenido de http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/PROCEDIMIENTO_RIESG_2014.pdf
- Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. (2016). *MANUAL DE GESTION DEL RIESGO*.
Obtenido de http://www.amb.com.co/DocumentoInfo/PROCEDIMIENTO_RIESG_2014.pdf
- Agencia de la ONU para refugiados. (junio de 2012). *UNDP*. Obtenido de <https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/projects/programa-construyendo-soluciones-sostenibles---tsi0.html>
- Aiello, M., Aranda, E. M., & Barale, C. (2007). *Universidad Nacional de San Luis*. Obtenido de <http://lae.unsl.edu.ar/Ediciones/III%20AMENAZAS%20NATURALES.pdf>
- Alcaldía de Villavicencio. (28 de Diciembre de 2015). *Alcaldía de Villavicencio*. Obtenido de <https://www.concejodevillavicencio.gov.co/corporacion/gestion-documental/category/152-plan-de-ordenamiento-territorial?download=1425:pot-2015-03-plano-de-zonificacion-por-amenazas-naturales-inundacion-suelo-rural&start=20>
- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados. (2017). *ACNUR*. Recuperado el 04 de 2018, de <http://www.acnur.org/que-hace/soluciones-duraderas/colombia-construyendo-soluciones-sostenibles-tsi/tsi-meta-barrio-13-de-mayo-comuna-de-villavicencio/>
- Angarita M, E., Chacón M, G., & Lizcano, J. A. (2012). ¿Qué ha pasado con la clasificación por nivel de riesgo de los prestadores de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el país? *Revista Tecnogestión*.
- Banco Mundial. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia : un aporte para la construcción de*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11762/18426>

- Banco Mundial Colombia. (2006). *Banco Mundial Colombia*. Recuperado el 13 de 04 de 2018, de <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>
- Campos Vargas, M., Tosca Aparicio, A., & Campos Alanis, J. (2014). *Riesgos socionaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v24n2/v24n2a4.pdf>
- Clark, H. (15 de 08 de 2012). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2012/08/15/building-resilience-the-importance-of-disaster-risk-reduction.html>
- Climate-Data.org*. (s.f.). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/meta/villavicencio-5327/>
- Compañía del acueducto metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico del sistema de acueducto de Bucaramanga a partir del estudio de microzonificación sísmica indicativa de Bucaramanga-Colombia*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11762/19786>
- Congreso de Colombia. (24 de 04 de 2012). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>
- Congreso de la Republica. (2012). *Ley 1523*. Obtenido de <https://secretariageneral.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/ley-1523-2012>
- Constitución Política de Colombia*. (1991).
- Corporación Universitaria del Meta. (2018). *Unimeta*. Obtenido de http://methodology.unimeta.edu.co/programacion/pdf_mem_2015_VIII_B.pdf
- Cumbre Pueblos . (13 de octubre de 2017). *Cumbre Pueblos*. Obtenido de <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/agua/>
- Decreto 1575 (2007).
- Decreto 3200 (2008).
- Dirección de Promoción y Prevención. (2017). *Resolución 0549*. Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Forms/DispForm.aspx?ID=4804
- EL TIEMPO. (2000). *VILLAVO SI ES CIUDAD DE ALTA SISMICIDAD*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-905021>

- EL TIEMPO. (20 de noviembre de 2006). *Falta Alcantarillado en La Reliquia*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3333560>
- EL TIEMPO. (15 de marzo de 2015). *Que viene tras la legalización*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1684920>
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio. (2018). *Estudio del riesgo, programa de reducción del riesgo y plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para el consumo humano*. Obtenido de <http://www.eaav.gov.co/Transparencia/PlanEmergenciaYContigencia/2018/PLAN%20DE%20EMERGENCIA%20Y%20CONTINGENCIA%20PARA%20LOS%20SISTEMAS%20DE%20ACUEDUCTO%20Y%20ALCANTARILLADO%20V2%202018.pdf>
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (s.f.). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*. Obtenido de <http://www.eird.org/americas/>
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre la Reducción del Riesgo de Desastres*. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2006). *Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja*. Obtenido de <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/erupciones-volcanicas/>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2010). *Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja*. Obtenido de <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/sequias/>
- Feito, L. (2007). *Vulnerabilidad*. Obtenido de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272007000600002
- Green Facts. (2005). *Consenso Científico sobre la Desertificación*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion/l-2/1-definicion-desertificacion-desertizacion.htm>
- Hernández Rincón, E. H., Lamus Lemus, F., Carratalá Munuera, C., & Orozco Beltrán, D. (2017). *Diálogo de Saberes: propuesta para identificar, comprender y abordar temas críticos de la*

- salud de la población. *Revista Científica Salud Uninorte*. Obtenido de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/8503/11228>
- HSB Noticias. (12 de agosto de 2017). *HSBNOTICIAS.COM*. Obtenido de HSBNOTICIAS.COM: <http://hsbnoticias.com/noticias/local/habitantes-del-barrio-trece-de-mayo-en-villavicencio-reclama-335138>
- IDEAM. (2018). *Atlas de Vientos de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- IDEAM. (14 de mayo de 2019). *IDEAM*. Obtenido de <http://regionvillavicencio.com/ideam-mantiene-alertas-por-temporada-de-lluvias-en-el-meta/>
- IDEAM. (s.f.). *Promedios 71-00*. Obtenido de <https://www.datos.gov.co/browse?tags=ideam>
- IDIGER. (2018). *IDIGER*. Obtenido de IDIGER: <http://www.idiger.gov.co/rsismico>
- La Patria. (04 de 04 de 2014). *Empresas de servicios públicos, a prevenir amenazas naturales*. Obtenido de <https://www.lapatria.com/manizales/empresas-de-servicios-publicos-prevenir-amenazas-naturales-69266>
- Laveli, A. (1997). *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en America Latina*. Obtenido de https://www.desenredando.org/public/libros/1994/ver/ver_intro_nov-20-2002.pdf
- Ley 142 (1994).
- Medina, Victor; Lopez, José; Mendez, Gustavo; Bernal, Hector. (24 de 07 de 2014). *Gestión del conocimiento en riesgos de desastres*. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP141.pdf>
- Ministerio de Ambiente. (25 de 08 de 2011). *Los Incendios Forestales y la Importancia de la Gestión del Riesgo en Prevención*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=428:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-23#documentos>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2017). *Resolución 0549*. Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Forms/DispForm.aspx?ID=4804
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2014). *Herramientas metodológicas para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicio de acueducto, alcantarillado y aseo*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11762/20088>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). *Lineamientos de Política de Gestión del Riesgo de Desastres en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11762/27151>

Organización Internacional del Trabajo. (1996- 2018). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de <http://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/utilities-water-gas-electricity/lang--es/index.htm>

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de <http://www.nzdl.org/gsdllmod?e=d-00000-00---off-0paho--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH3c4332ce63705a28c01cb2.5.2>=1>

Ramirez Leal, M. (2007). *Repositorio de La Salle*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/15287?locale-attribute=pt>

Red Global de Conocimientos en Auditoría y Control Interno. (28 de Febrero de 2014). *Red Global de Conocimientos en Auditoría y Control Interno*. Obtenido de Red Global de Conocimientos en Auditoría y Control Interno: <https://www.auditool.org/blog/control-interno/2569-tecnicas-de-evaluacion-de-riesgos-tecnica-de-evaluacion-delphi>

Resolución 12 (1995).

Resolución 44/236 (1995).

Sarabia Gómez, A. M. (Febrero de 2015). *Mapa de Intensidades Máximas Observadas para Colombia*. Obtenido de <http://recordcenter.sgc.gov.co/B6/21001100024689/documento/pdf/2105246891101000.pdf>

Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte. (s.f.). *Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte*. Obtenido de <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiverciudad/la-contaminacion-ambiental>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2013). *Secretaría Distrital de Ambiente*. Recuperado el abril de 2018, de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

Servicio Geológico Colombiano . (7 de junio de 2016). *Servicio Geológico Colombiano* . Obtenido de Servicio Geológico Colombiano : https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

- Servicio Geológico Colombiano. (julio de 2019). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: <https://www2.sgc.gov.co/volcanes/index.html>
- SIAC. (s.f.). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/erosion>
- Soldano, A. (20 de Marzo de 2009). *Conceptos sobre Riesgo*. Obtenido de <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a2bfbe57f2.37678682.pdf>
- UMAIC. (2010). *UMAIC Wiki*. Obtenido de https://wiki.umaic.org/wiki/Amenaza_natural
- Victores, I. (21 de octubre de 2014). *Tierra y Tenologia* . Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2014/10/causas-las-inundaciones/>

Anexos

Anexo A. Encuesta de Percepción de los Riesgos en el Sistema de Acueducto de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

Encuesta realizada con fines académicos para el trabajo llamado “Estudio del conocimiento del Riesgo para las Plantas de Tratamiento de Agua de Origen Subterráneo que Opera la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio Ubicadas en los Barrios, La Reliquia, 13 de Mayo y Pinares del Oriente como Aporte al Cumplimiento de la Resolución 0549 de 2017”

Según las evidencias expuestas en la socialización de la vista de campo realizada a cada una de las PTAP en estudio y teniendo en cuenta su criterio y como conocimiento profesional marque las respuesta que considere pertinentes y realice las observaciones que tenga con respecto a cada ítem.

Marque con una (X) según el nivel de riesgo que corresponda: A = Riesgo alto. M= Riesgo medio. B= Riesgo bajo.

Riesgo Antropogénico PTAP La Reliquia																Observaciones
Lugar	Amenaza															
	Contaminación			Acciones Violentas			Interrupción eléctrica			Colapso estructural			Tecnologías			
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	
Caseta																
Pozo profundo																
Torre de aireación																
Floculador																
Sedimentador																
Tanque de almacenamiento																
Red de distribución																

Riesgo Natural PTAP La Reliquia				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Sismicidad				
Vulcanismo				
Deslizamientos				
Erosión				
Lluvias intensas				
Sequías				
Vientos				

Riesgo Socio-Natural PTAP La Reliquia				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Inundaciones				
Avenidas torrenciales				
Fenómenos de sequía				
Desertificación				

Riesgo Antropogénico PTAP Pinares de Oriente																
Lugar	Amenaza															Observaciones
	Contaminación			Acciones Violentas			Interrupción eléctrica			Colapso estructural			Tecnologías			
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	
Caseta																
Pozo profundo																
Torre de aireación																
Floculador																
Sedimentador																
Tanque de almacenamiento																
Red de distribución																

Riesgo Natural PTAP Pinares de Oriente				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Sismicidad				
Vulcanismo				
Deslizamientos				
Erosión				
Lluvias intensas				
Sequías				
Vientos				

Riesgo Socio-Natural PTAP Pinares de Oriente				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Inundaciones				
Avenidas torrenciales				
Fenómenos de sequía				
Desertificación				

Riesgo Antropogénico PTAP 13 de Mayo																Observaciones
Lugar	Amenaza															
	Contaminación			Acciones Violentas			Interrupción eléctrica			Colapso estructural			Tecnologías			
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	
Caseta																
Pozo profundo																
Torre de aireación																
Floculador																
Sedimentador																
Tanque de almacenamiento																
Red de distribución																

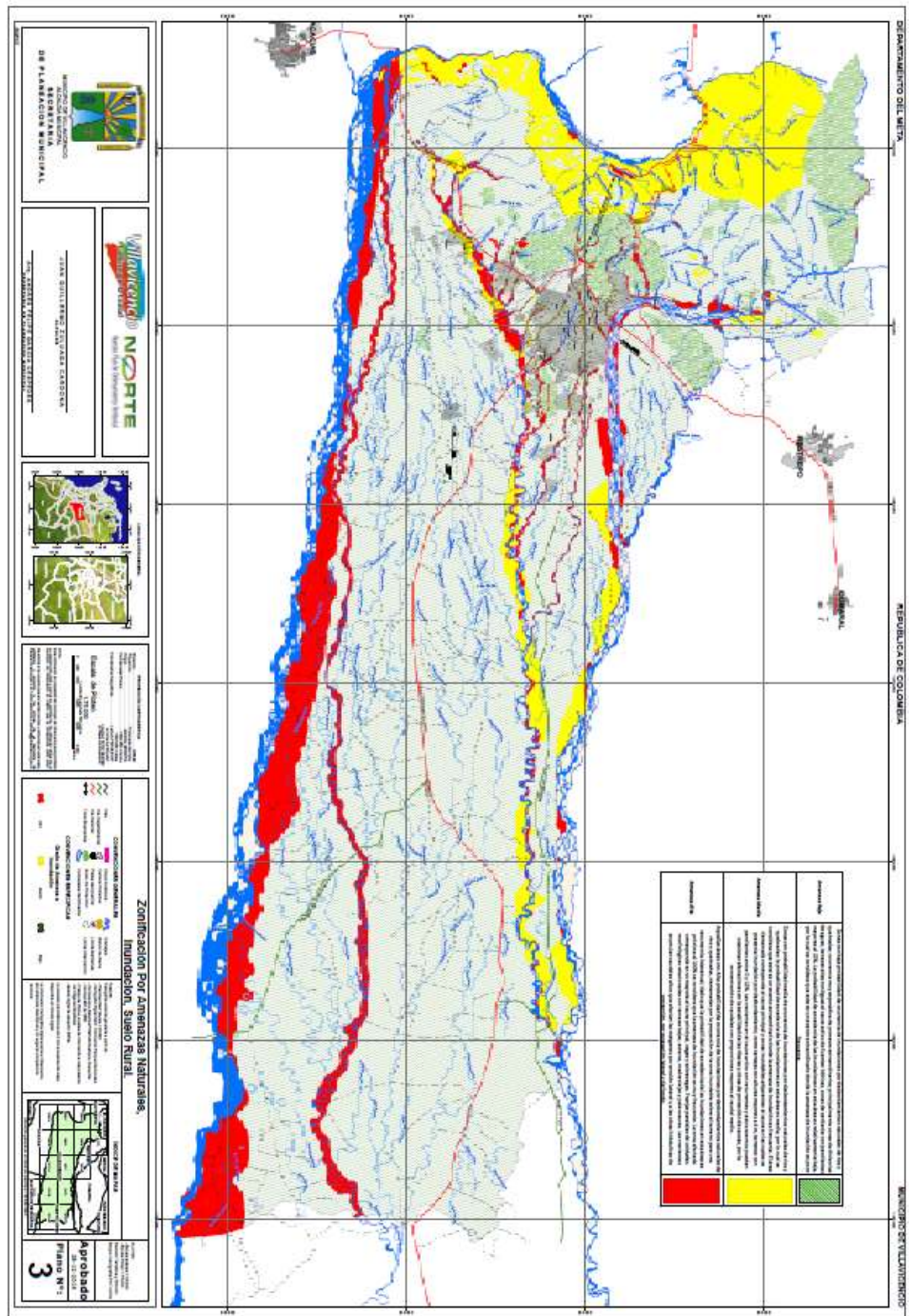
Riesgo Natural PTAP 13 de Mayo				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Sismicidad				
Vulcanismo				
Deslizamientos				
Erosión				
Lluvias intensas				
Sequías				
Vientos				

Riesgo Socio-Natural PTAP 13 de Mayo				
Amenaza	Lugar			Observaciones
	PTAP			
	A	M	B	
Inundaciones				
Avenidas torrenciales				
Fenómenos de sequía				
Desertificación				

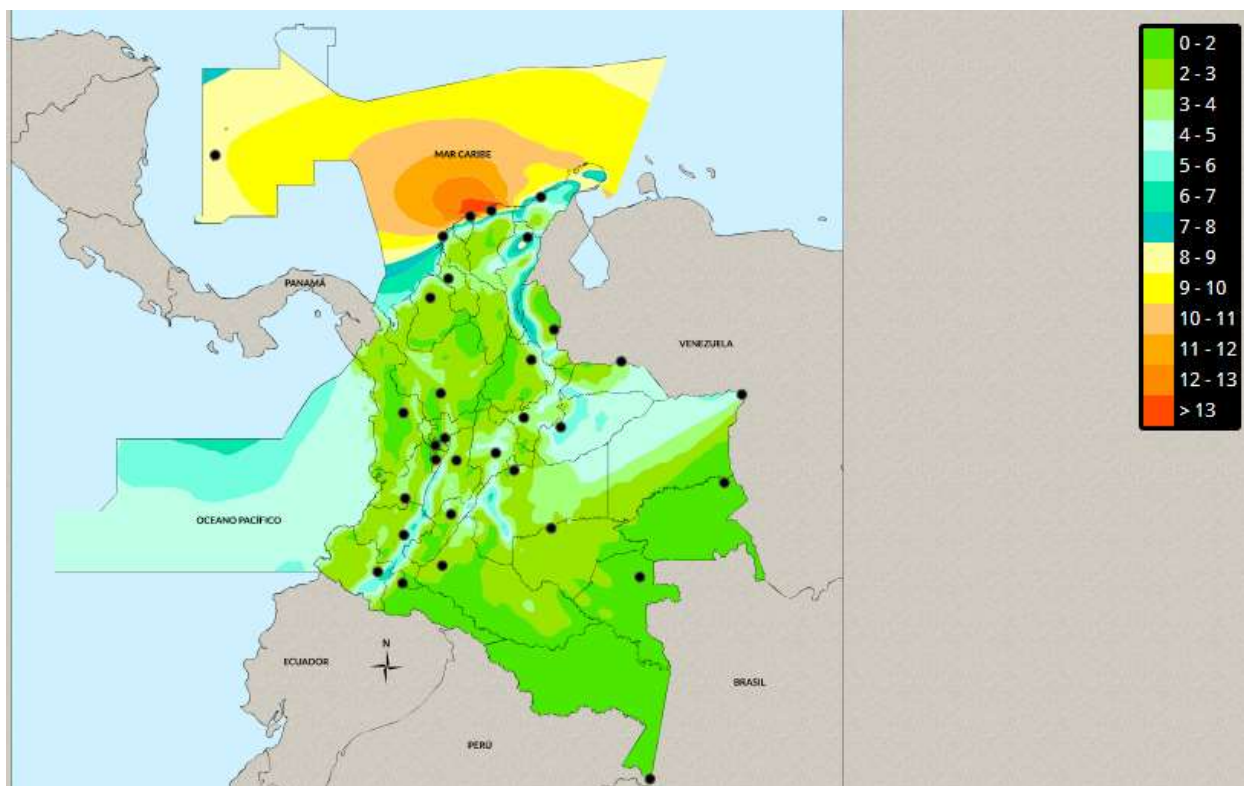
Anexo B. Formato de entrevista a los operarios encargados de las PTAP

Nombre de la PTAP:			
Área de abastecimiento		antigüedad de la PTAP	
Capacidad de bombeo		Seguridad	
Partes de la PTAP			
Productos químicos utilizados para la potabilización del agua			
¿Cuántas pruebas de calidad realiza al día?			
¿Ha sufrido algún tipo de riesgo y/o amenaza?		SI	NO
¿Cuáles?:			
Amenazas observadas en la visita:			

Anexo C. Zonificación por amenazas naturales, inundaciones, suelo rural



Fuente: (Alcaldía de Villavicencio, 2015)

Anexo D. Mapa de velocidades de vientos para Colombia en (m/s)

Fuente: (IDEAM, 2018)