

FORMULACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA EMPRESA DE
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A ESP. PARA LAS
BOCATOMAS DE LOS RÍOS MOLINO, PIEDRAS Y PALACÉ, SUS LÍNEAS
DE CONDUCCIÓN Y PARA LOS PRINCIPALES COLECTORES DEL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL

MAYRA ALEJANDRA SARRIA CORTÉS
MARLY GIOVANNA JAÉN LÓPEZ



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2012

FORMULACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA EMPRESA DE
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A ESP. PARA LAS
BOCATOMAS DE LOS RÍOS MOLINO, PIEDRAS Y PALACÉ, SUS LÍNEAS
DE CONDUCCIÓN Y PARA LOS PRINCIPALES COLECTORES DEL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL

MAYRA ALEJANDRA SARRIA CORTÉS
MARLY GIOVANNA JAÉN LÓPEZ

Informe final de Trabajo de Grado, modalidad de investigación como requisito
para optar por el título de Ingenieras Ambientales

Director
Ingeniero Luis Jorge González Muñoz
Profesor Departamento de Hidráulica

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2012

Nota de aceptación

El director y los jurados una vez revisado el informe final y escuchada la sustentación, dan por aprobado el presente trabajo de grado.

Firma del Director

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, 5 de marzo de 2012

DEDICATORIA

Marly Giovanna Jaén López

*Dedico este trabajo a **Dios** por brindarme la oportunidad de recorrer este camino, a mis padres **María Teresa López y Oscar Alirio Jaén** porque con su amor, dedicación y paciencia me enseñaron a levantarme de los tropiezos y a seguir luchando por mis sueños, a mi esposo **Jhon Einar Muñoz** por su apoyo, paciencia y comprensión, a mis hermanos por ser siempre mis cómplices y amigos y a mi pequeño hijo que con su presencia llena de alegría mi vida*

Mayra Alejandra Sarria

*A **Dios** por brindarme la fortaleza para cumplir con esta meta, a mis padres **Víctor Daniel Sarria y Carmen Patricia Cortés** por su cariño, confianza y apoyo incondicional, quienes con su ejemplo, han sembrado el amor, la confianza y el empuje para cumplir cada una de los objetivos que me he trazado, a mi hermano y su familia quienes con su compañía y complicidad llenan de alegría cada día de nuestras vidas, este trabajo se los dedico a ellos, porque así como es un triunfo para mí, es de ellos por su infinito apoyo y amor*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios y a nuestras familias por darnos fortaleza y apoyo incondicional en nuestro proceso de formación personal y profesional.

Al ingeniero Luis Jorge González Muñoz por guiarnos, apoyarnos y brindarnos todo su conocimiento y cariño en la realización y culminación de este trabajo de investigación.

A la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A ESP, en especial al grupo de trabajo de la división ambiental por brindarnos la oportunidad y apoyo en el desarrollo de las actividades de este trabajo de investigación para alcanzar el título de ingenieras ambientales.

Y a todos nuestros amigos y profesores que contribuyeron en la realización de esta investigación.

CONTENIDO

	pág.
1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	17
1.1 INTRODUCCIÓN	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 METODOLOGÍA	18
1.4 ANTECEDENTES	19
2. DIAGNÓSTICO	21
2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ESTUDIO	21
2.1.1 Sistema Tablazo	21
2.1.1.1 Captación río Piedras (W -76,557317; N 2,465842)	21
2.1.1.2 Aducción	22
2.1.1.3 Desarenador (W -76,524723; N 2,446677)	22
2.1.1.4 Línea de conducción	22
2.1.2 Sistema Pisoje	24
2.1.2.1 Captación (W -76,557317; N 2,465842)	24
2.1.2.2 Aducción	24
2.1.2.3 Desarenador (W -76,558022; N 2,467019).	24
2.1.2.4 Entrega al Sistema El Tablazo	24
2.1.3 Sistema Tulcán	25
2.1.3.1 Captación (W -76,574232; N 2,439584)	25
2.1.3.2 Aducción	25
2.1.3.3 Desarenador (W -76,575189; N 2,440548)	25
2.1.3.4 Línea de conducción	26
2.1.4 Sistema Palacé	27
2.1.4.1 Captación (W -76,499448; N 2,49992)	27
2.1.4.2 Aducción	28
2.1.4.3 Desarenadores (W -76,501458 N 2,497681)	28
2.1.4.4 Línea de conducción	29

2.1.5	Sistema de alcantarillado	30
2.1.5.1	Comunas 4, 5, 6 y 8	30
2.1.5.2	Comunas 2, 3, 7, 8 y 9	31
2.1.5.3	Zona intermedia río Cauca	33
2.1.5.4	Zona Norte río Cauca	34
2.2	VÍAS DE ACCESO Y COMUNICACIÓN	36
2.2.1	Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tulcán	36
2.2.2	Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Tablazo	37
2.2.3	Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Palacé	38
2.3	CLIMATOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
2.4	GEOLOGÍA. DE LA ZONA	39
2.4.1	Paleozoico	39
2.4.2	Mesozoico	39
2.4.3	Cenozoico	40
2.4.4	Cuaternario	41
2.5	ASPECTOS FÍSICOS GEOGRÁFICOS	42
2.5.1	Vertiente Occidental de la Cordillera Central.	42
2.5.2	Colinas	43
2.5.3	Superficies Aluviales.	43
3.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	44
3.1	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO	44
3.1.1	Identificación de las amenazas	44
3.1.2	Estimación de probabilidades	45
3.1.3	Análisis de la vulnerabilidad	48
3.1.4	Nivel de riesgo	51
3.1.5	Influencia de los fenómenos El Niño y La Niña	52
3.1.6	Medidas y planes de mejoramiento	53
4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA POR COLORES	54
4.1	SISTEMA TABLAZO	54
4.1.1	Identificación de las amenazas	54

4.1.2	Estimación de la probabilidad	54
4.1.3	Análisis de vulnerabilidad	72
4.1.4	Nivel de riesgo	82
4.2	SISTEMA TULCÁN	83
4.2.1	Identificación de las amenaza	83
4.2.2	Estimación de la probabilidad	83
4.2.3	Análisis de vulnerabilidad	94
4.2.4	Nivel de riesgo	99
4.3	Sistema Palacé	105
4.3.1	Identificación de las amenazas	105
4.3.2	Estimación de la probabilidad	105
4.3.3	Análisis de vulnerabilidad	113
4.3.4	Nivel de riesgo	118
4.4	SISTEMA ALCANTARILLADO	124
4.4.1	Identificación de las amenazas	124
4.4.2	Estimación de la probabilidad	124
4.4.3	Análisis de vulnerabilidad	137
4.4.4	Nivel de riesgo	142
5.	MEDIDAS Y PLANES DE MEJORAMIENTO	149
6.	INFLUENCIA POR EL FENOMENO EL NIÑO Y LA NIÑA	162
7.	CONCLUSIONES	168
8.	RECOMENDACIONES	170
	BIBLIOGRAFÍA	172
	ANEXOS	176

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción línea de conducción sistema Tablazo	23
Cuadro 2. Descripción de la línea de conducción Tulcán	26
Cuadro 3. Descripción línea de conducción Palacé	30
Cuadro 4. Amenazas adquiridas de entidades y estudios previos.	44
Cuadro 5. Calificación de amenazas por la Metodología de Colores	48
Cuadro 6. Formato para el análisis de vulnerabilidad	49
Cuadro 7. Calificación de las variables	49
Cuadro 8. Calificación de la vulnerabilidad	50
Cuadro 9. Análisis de la vulnerabilidad	50
Cuadro 10. Calificación del nivel de riesgo	51
Cuadro 11. Nivel de riesgo	52
Cuadro 12. Amenazas del sistema de conducción de agua cruda, bocatoma río Piedras-planta de tratamiento Tablazo	54
Cuadro 13. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Tablazo	55
Cuadro 14. Clasificación de los rangos de pendientes del municipio de Popayán	66
Cuadro 15. Coordenadas deslizamientos línea de conducción del sistema Tablazo	66
Cuadro 16. Descripción de los componentes del sistema Tablazo afectados por el deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos	68
Cuadro 17. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema tablazo.	69
Cuadro 18. Análisis de vulnerabilidad para el sistema Tablazo	72
Cuadro 19. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Tablazo	77

Cuadro 20. Calificación del nivel de riesgo del sistema Tablazo	82
Cuadro 21. Amenazas del sistema de conducción de agua cruda, bocatoma río Molino-planta de tratamiento Tulcán	83
Cuadro 22. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Tulcán	84
Cuadro 23. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema Tulcán	93
Cuadro 24. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema Tulcán	94
Cuadro 25. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Tulcán	99
Cuadro 26. Calificación del nivel de riesgo para el sistema Tulcán	104
Cuadro 27. Amenazas sistema de conducción agua cruda, bocatoma río Palacé-planta de tratamiento del Norte	105
Cuadro 28. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Palacé	105
Cuadro 29. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema Palacé	112
Cuadro 30. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema Palacé	113
Cuadro 31. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Palacé	118
Cuadro 32. Calificación del nivel de riesgo para el sistema Palacé	123
Cuadro 33. Amenazas del sistema de alcantarillado de Popayán	124
Cuadro 34. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema de alcantarillado	125
Cuadro 35. Identificación de fallas geológicas para los colectores principales del sistema de alcantarillado	128
Cuadro 36. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema de alcantarillado	137
Cuadro 37. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema de alcantarillado	142
Cuadro 38. Calificación del nivel de riesgo para el sistema de alcantarillado	148
Cuadro 39. Recopilación de los niveles de riesgo para cada uno de los sistemas	149

Cuadro 40. Medidas estructurales y no estructurales de prevención, respuesta y atención ante las amenazas	150
Cuadro 41. Detalle de las medidas de prevención y atención	153
Cuadro 42. Datos de la disminución de los caudales del río Piedras bajo la influencia del fenómeno el Niño	164

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tulcán	36
Figura 2. Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tablazo	37
Figura 3. Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Palacé	38
Figura 4. Diamante de riesgo	51
Figura 5. Mapa geológico de Popayán con la línea de conducción del sistema Tablazo	57
Figura 6. Mapa de microzonificación de Popayán con la línea de conducción del sistema Tablazo	59
Figura 7. Área de influencia del volcán Puracé, con las líneas de conducción del sistema Tablazo	61
Figura 8. Curva de gastos para la sección de bocatoma del sistema Tablazo	62
Figura 9. Determinación de la probabilidad del caudal mínimo de inundación en la bocatoma del sistema Tablazo	63
Figura 10. Determinación tiempo de retorno del caudal mínimo de inundación en la bocatoma del sistema Tablazo	64
Figura 11. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Tablazo.	64
Figura 12. Determinación del tiempo de retorno de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Tablazo	65
Figura 13. Cámara de quiebre en la vereda Paraíso	68
Figura 14. Tubería perforada tramo desarenador Piedras-captación Cauca	71
Figura 15. Tubería perforada tramo desarenador Piedras – captación Cauca	71
Figura 16. Mapa de las fallas geológicas de Popayán con la línea de conducción del sistema Tulcán	86

Figura 17. Mapa microzonificación de Popayán con la línea de conducción del sistema Tulcán	87
Figura 18. Mapa de Influencia volcanica del Puracé con la linea de conducción del sistema Tulcán	89
Figura 19. Primera cámara de quiebre destapada vereda Pomona	91
Figura 20. Segunda cámara de quiebre destapada vereda Pomona	91
Figura 21. Estructura de soporte deteriorada sistema Tulcán	92
Figura 22. Estructura de soporte colapsada sistema Tulcán	92
Figura 23. Estructura de la bocatoma afectada por la creciente del 7 de marzo de 2011	94
Figura 24. Mapa geológico y de fenómenos de estabilidad del corredor seleccionado	107
Figura 25. Talud línea de conducción Palace	108
Figura 26. Mapa de Influencia volcanica del Puracé con la linea de conducción del sistema Palacé	109
Figura 27. Determinación de la probabilidad del caudal mínimo en la bocatoma del sistema Palace	111
Figura 28. Determinacion del tiempo de retorno de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Palacé	111
Figura 29. Mapa de microzonificación de la ciudad de Popayán	127
Figura 30. Desplazamiento del terreno en el barrio El Boqueron	129
Figura 31. Mapa de influencia del volcán Puracé con la ubicación de la ciudad de Popayán	130
Figura 32. Deslizamiento en el Barrio Siloé	131
Figura 33. Deslizamiento en el barrio La Pradera	131
Figura 34. Inundaciones del sistema de alcantarillado por mes para el periodo 2004-2010	132
Figura 35. Sectores de la ciudad de Popayán afectados por las sequías	133
Figura 36. Colectores afectados por el flujo de escombros y residuos sólidos.	134

Figura 37. Puntos del sistema de alcantarillado afectados por la amenaza deterioro y debilitamiento de estructuras	135
Figura 38. Viaductos del sistema de alcantarillado	136
Figura 39. Esquema organizacional para la atención de emergencias	160

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Resumen de las características de microzonificación del tramo de la línea de conducción	177
Anexo 2. Datos para la determinación del caudal mínimo de inundación para el sistema Tablazo (Programa HAESTAD)	177
Anexo 3. Registro fotográfico de la identificación de amenazas del sistema Tablazo	178
Anexo 4. Graficas de Caudal Vs Probabilidad y Caudal Vs Tiempo de retorno para el sistema Tulcán	182
Anexo 5. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tulcán	183
Anexo 6. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Palacé	186
Anexo 7. Caudales máximos, mínimos y medios del río Palace de la estación Puente Carretera	188
Anexo 8. Coordenadas para las amenazas para el sistema Tablazo	189
Anexo 9. Coordenadas para las amenazas del sistema Tulcán	190
Anexo 10. Coordenadas para las amenazas del sistema Palacé	191
Anexo 11. Formato para la actualización del Comité para las Labores de Mantenimiento	192
Anexo 12. Formato para la actualización del Comité de Atención de Emergencias	193
Anexo 13. Conformación del Comité de Emergencias	194
Anexo 14. Formato para el registro de avance de las actividades de prevención y atención	195
Anexo 15. Formulario para el registro de daños ocasionados por la materialización de las amenazas	196
Anexo 16. Formato de registro para las labores de mantenimiento de maquinaria y equipos	198

Anexo 17. Formato del cronograma de las labores de mantenimiento de maquinaria y equipos	199
Anexo 18. Formulario para el registro de inspecciones periódicos para la identificación de amenazas	200

1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCIÓN

Colombia es un País altamente afectado por fenómenos naturales, con una población cercana a los 11 millones de habitantes que se exponen cada año a sequías, terremotos, inundaciones, y ciclones tropicales (Hernández, 2004), dichos fenómenos unidos a la acción antrópica y a factores de vulnerabilidad de su población, han desencadenado desastres con pérdidas humanas y afectado de manera significativa la organización económica, social y cultural de diversas regiones del país, según el informe mundial “La Reducción del Riesgo de Desastres: Un desafío para el desarrollo” (PNUD, 2004).

En la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán se identifican amenazas que afectan de alguna manera la continuidad del servicio, las cuales se caracterizan por la ubicación geológica, la diversidad de las condiciones topográficas, de clima e hidrología y las condiciones antrópicas propias del lugar; estas amenazas han afectado con cotidianidad los sistemas de acueducto y alcantarillado, pero ahora han incrementado su magnitud y frecuencia; es así como durante los últimos dos años la empresa se ha visto afectada de forma recurrente por amenazas hidrometeorológicas, representando pérdidas económicas y reducción en la calidad del servicio; esta situación ha empeorado en este último período debido a la variación y severidad de los eventos El Niño y La Niña, alterando así los detonantes de dichas amenazas incrementando la vulnerabilidad de los actuales sistemas, situación confirmada por el Comité Técnico Interagencial del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (1998), por medio del análisis estadístico de las catástrofes de origen natural, que evidencia que en el presente siglo han incrementado su frecuencia los de índole hidrometeorológico, en tanto que los de origen geológico (sísmico, vulcanológico) mantienen ritmos históricos. Lo cual demuestra la importancia de contar con planes para la prevención y atención que garanticen la presentación de un servicio esencial como lo son los sistemas de abastecimiento de agua potable y de saneamiento básico.

La presente investigación tiene la finalidad de analizar las amenazas y la vulnerabilidad de las líneas de conducción de los sistemas de acueducto y de los principales colectores del alcantarillado para la ciudad de Popayán, con el objetivo de estimar el riesgo y hasta donde resulte posible relacionar la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña para finalmente formular un plan de contingencias donde se plantean estrategias y procedimientos a seguir para la prevención, mitigación y corrección de los efectos de las amenazas. Esto servirá para que la empresa de acueducto y alcantarillado atienda de forma ordenada y certera los eventos amenazantes que se pueden presentar y así disminuir las pérdidas y garantizar la continuidad del servicio a los usuarios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Formular el Plan de Contingencia a partir de un estudio de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo y hasta donde sea posible establecer las probables afectaciones que se presenten por la variabilidad climática (fenómeno de El Niño y de La Niña) que puedan intervenir en la continuidad y funcionamiento en la prestación del servicio; además, de proponer medidas para que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P, prevenga y atienda de forma certera las emergencia.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar y analizar las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo en las zonas de captación y conducción del agua de los diferentes sistemas de acueducto; así mismo, para los puntos críticos del sistema de alcantarillado de la ciudad con el fin de establecer los sitios de mayor vulnerabilidad.
- Analizar la relación existente entre el comportamiento del Fenómeno del Niño y de la Niña con las afectaciones identificadas en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado por parte de la empresa.
- Proponer una metodología que facilite registrar de manera eficiente los eventos relacionados con la variabilidad climática que afecten la prestación del servicio por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P.

1.3 METODOLOGÍA

Para realizar la investigación se revisó información secundaria sobre las características y parámetros necesarios para la formulación del plan de contingencia; para esto se recurrió a guías y normas técnicas colombianas, así como a planes de contingencia elaborados para otras empresas con el fin de generar una idea clara respecto a los puntos que se deben tener en cuenta para su realización. Durante este periodo se analizaron diferentes metodologías para la evaluación del riesgo y debido a que la empresa no cuenta con una base de datos suficiente para generar una estadística y determinar la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes se decidió realizar un análisis cualitativo (metodología por colores).

Una vez esta etapa culminó, se identificaron los objetivos que se deben cumplir dentro del plan y para la metodología adoptada, realizándose una investigación de las bases de datos de las entidades como el CLOPAD, El Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y la Oficina Asesora de Planeación municipal, con el fin de identificar los eventos naturales y antrópicos más frecuentes que afectan de alguna manera el municipio; además, para puntualizar cuáles de estas

amenazas están relacionadas con el objetivo de estudio, es decir, cuales se otorgan para los sistemas de acueducto y alcantarillado, se consultaron normas como el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) y estudios realizados anteriormente por la empresa.

En coordinación con el personal técnico de la División Ambiental de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A, E.S.P, se realizó el trabajo de campo que consistió en identificar y georeferenciar las amenazas latentes es los sistemas; estas visitas se realizaron periódicamente con la finalidad de observar las afectaciones sobre los componentes (bocatomas, aducción, conducción y alcantarillado) ante las distintas temporadas climáticas. Con los trazados de las líneas y la identificación de los puntos de amenaza, se procede con ayuda del software ARGIS y con cartografía suministrada por Ingeominas (escala 1:25.000) a sobreponerla en los mapas, consolidándose la base fundamental para el desarrollo de la investigación.

Con la información obtenida y teniendo en cuenta la metodología a utilizar, se consultan fundamentos teóricos existentes para disminuir la subjetividad del nivel de riesgo, para esto se analizan las características y propiedades de cada amenaza que pueda afectar en mayor o menor grado la estructura y el funcionamiento de los sistemas.

La información nombrada anteriormente se utiliza para analizar la probabilidad de ocurrencia de las amenazas y la vulnerabilidad de los sistemas ante su materialización para finalmente determinar el nivel de riego y establecer cuál de las líneas es más vulnerable, el nivel y el evento amenazante que predomina, con el objetivo de priorizar las contingencias y así determinar los recursos y medidas a ejecutar.

1.4 ANTECEDENTES

Para la investigación se revisó la información acerca de la perspectiva de las amenazas naturales y antrópicas que afectan a América latina con el fin de conocer los avances que se tiene en el tema, encontrando que en enero de 2005 durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres (CMRD), celebrada en Kobe, Hyogo, Japón, 168 gobiernos pertenecientes a la Organización de Naciones Unidas (ONU) adoptaron un plan de 10 años para lograr un mundo más seguro frente a las amenazas naturales. El marco de Hyogo es un plan detallado para guiar los esfuerzos destinados a la reducción del riesgo de desastres durante la próxima década. Su objetivo principal es lograr para el año 2015 una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres en términos de vidas humanas y bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países, ya que su atención ha representado grades cuantías de dinero las cuales se pueden disminuir considerablemente con las actividades de prevención. Además se comenzó a analizar los efectos que sufren estas amenazas a causa de la

influencia los eventos climáticos (fenómeno El Niño y Niña) con el mismo objetivo.

Es importante conocer el avance que se tiene en Colombia frente a este tema, ya que es un país expuesto a casi la totalidad de los fenómenos naturales sin contar con aquellas amenazas de tipo antrópico, llevando a analizar el inicio de los lineamientos para tomar acciones con respecto a la prevención y respuesta ante un evento. Encontrando que fue solo hasta el 13 de noviembre de 1985 con el desastre ocurrido por la avalancha provocada por la activación del Volcán del Ruiz, que se detectó como necesidad prioritaria para el país contar con un Sistema que coordinará todas las acciones encaminadas a la prevención y atención de desastres en todo el territorio nacional. En consecuencia se crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres - SNPAD como red institucional para el cumplimiento de esta función. A partir de este momento se da inicio a toda la gestión y organización a nivel interinstitucional para la determinación de lineamientos y directrices claros con respecto a la prevención y atención de desastres (Ley 46 de 1988 – Decreto Ley 919 de 1989), los cuales enmarcan las funciones y responsabilidades de cada uno de los actores del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres. Posteriormente y con el fin de establecer y regular las acciones del Sistema, se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres - PNPAD mediante Decreto 93 de 1998. El cual se tienen en cuenta para la planificación del territorio a nivel municipal. (Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres).

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P inició en enero de 2009 la formulación del plan de contingencia, en el cual se hace un listado de los posibles eventos naturales y antrópicos que puedan afectar la prestación del servicio de la empresa, quien es el responsable a acudir en el momento de presentarse el evento y las posibles áreas de ocurrencia. Con el trabajo a realizar lo que se busca es identificar los riesgos reales, vigentes y los de posible ocurrencia, además del análisis de los mismos, realizando la caracterización de los riesgos con las alternativas de solución a estos, centrándose en las afectaciones del cambio climatológico, en esencia las repercusiones de los fenómenos de El Niño y de La Niña.

2. DIAGNÓSTICO

Ya que la zona de estudio se encuentra dentro del municipio de Popayán y debido a que no se han adelantado estudios puntuales de parámetros tales como el clima, geomorfología y geología para esta zona. Para realizar la descripción aproximada de estos parámetros se toma la información encontrada en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán (POT) y como determinante el rango de elevación en la que se encuentra ubicadas las áreas de interés.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ESTUDIO

Para el estudio se tendrán en cuenta las zonas aledañas a los componentes de las líneas de conducción de los sistemas de acueducto que surten a la ciudad de Popayán (sistema Tablazo, Tulcán y Palacé) y los principales colectores de alcantarillado de la ciudad.

2.1.1 Sistema Tablazo. Tiene como fuente principal de abastecimiento el río Piedras que nace en el municipio de Totoró sobre el flanco occidental de la cordillera Central a $76^{\circ} 31'10''$ al Oeste de Greenwich y $2^{\circ} 21'45''$ de latitud Norte y cuya desembocadura en el río Cauca se ubica a $76^{\circ} 23'45''$ longitud Oeste y $2^{\circ} 25'40''$ de latitud Norte.

2.1.1.1 Captación río Piedras (W -76,557317; N 2,465842). Ubicada a 80.00 metros de su confluencia con el río Cauca, sobre la margen derecha del río. Se trata de una presa vertedero en concreto ciclópeo de tipo lateral, de 16.20 metros de longitud y 1.80 metros de altura promedio, La cresta de la presa se encuentra localizada en la cota 1.853,00 m.s.n.m., y cuenta con un solado de vertimiento de 9.00 metros de longitud.

El área de entrada al canal de aducción es de 9.60 metros de longitud por 1.50 metros de altura, para captar un caudal de hasta 1.800 lt/s, equivalente a dos veces el caudal de diseño que es de 900 lt/s, con una velocidad de entrada de 0.40 m/s y espacio libre entre platinas de la rejilla de 2.5 centímetros.

La cámara de derivación tiene una sección interior de 2.10 x 2.10 metros y una altura total de 3.80 metros. Para el lavado de esta cámara se cuenta con una compuerta lateral de 24" que vierte directamente hacia el río. La salida hacia el canal de conducción se hace mediante una compuerta de 24".

2.1.1.2 Aducción. La conducción entre la cámara de salida de la bocatoma y los desarenadores, está compuesta por un canal en concreto reforzado de sección rectangular de 0.50 metros de ancho por 1.00mt de altura, pendiente promedio del 3.20% y longitud de 98.10 metros. Para una lámina de agua de 0.62 metros la capacidad de transporte del canal es de 1.170 lt/s, con velocidad de 3.78 m/s. Este canal entrega a su vez a un túnel de 132.50 metros de longitud, con sección interior revestida en concreto de 1.50 x 1.80 metros, que con una lámina de 0.40 metros puede transportar 920 lt/s. Con una velocidad de 2.60 m/s.

2.1.1.3 Desarenador (W -76,524723; N 2,446677). La entrada de los desarenadores, a la salida del túnel se hace mediante un canal de sección rectangular de 1.40 metros de ancho, 1.10 metros de altura total y 0.30 metros de borde libre, con velocidad de 0.80 m/s. Cada desarenador se comunica con el canal de repartición por medio de tres (3) compuertas deslizables rectangulares de 0.50 x 1.00 metros que son de operación manual y con una velocidad de paso de 0.25 m/s.

Existen tres unidades de desarenación de 24.00 metros de longitud, 3.50 metros de ancho y 1.60 metros de profundidad útil cada uno, con capacidad de 300 lt/s y tiempo de retención de 7.50 minutos y carga superficial de 308 m³/m²/d para un caudal de 900 lt/s. La salida de cada desarenador se hace a través de un vertedero de 3.50 metros de ancho, con altura de lámina de 0.13 metros. Los tres (3) vertederos descargan en un canal recolector de sección rectangular de 1.25 metros de ancho y 0.80 metros de altura, donde el caudal circula con una velocidad de 0.90 m/s.

Al final del canal recolector existe una cámara de salida ode carga donde se inicia la tubería de conducción de 24", de 1.70 metros de altura y sección de 1.25 x 0.80 metros.

2.1.1.4 Línea de conducción. La línea de conducción de agua cruda está conformada por varios tramos que en total dan una longitud de aproximadamente de 7.731,65 metros, entre la salida de desarenadores y la cámara de llegada a la planta.

Cuadro 1. Descripción línea de conducción sistema Tablazo

Tramo	Cámaras de quiebre	Material	Flujo	Longitud (m)	Diámetro (pul)
1	Desarenador- cámara N°1	Asbesto cemento	Presión	1565,81	24
2	N°1-N°2	Asbestos cemento	Presión	514,96	24
3	N°2-cámara de empalme a la conducción del río Cauca	Asbesto cemento	Presión	33,12	24
4	cámara de empalme a la conducción del río Cauca-desarenador de la conducción de río Cauca	Canal en concreto reforzado	-----	354,9	(1,2m x 1,00m)
5	Cámara de salida del desarenador-cámara de entrada del sifón N°1	2 canales paralelos cubiertos en concreto reforzado	-----	2495,16	(1,00m x 0,6m)
6	Sifón N°1	3 tuberías. Cilindro de acero con recubrimiento interior de mortero y exterior de concreto reforzado	Presión	72,96	24
7	Sifón N°1-entrada sifón N°2	2 canales cubiertos paralelos en concreto reforzado	-----	767,05	(1,00m x 0,9m)
8	Sifón N°2-	3 tuberías en cilindro de acero con revestimiento en mortero y el exterior recubierto en concreto reforzado.	Presión	193,5	24
9	-----	2 canales cubiertos	-----	224,39	(1,00m x 0,9m)
10	-----	Canal rectangular único cubierto en concreto reforzado	-----	90,42	(1,45m x 0,9m)
11	-----	Dos canales cubiertos en concreto reforzado	-----	77,38	-----
12	Sifón N°3 (paso río Cauca)	Tres tuberías paralelas 16" y 18" en cilindro de acero con revestimiento interior de mortero y exterior en concreto reforzado 20" en asbesto cemento	-----	884	16, 18, y 20
13	Sifón N°3- planta de tratamiento Tablazo	Asbesto cemento	Libre	458	24

Fuente: Propia del estudio

2.1.2 Sistema Pisojé. Este sistema capta las aguas del río del mismo nombre, incorpora 150 lt/s a la conducción del sistema Tablazo, en la cámara de salida del sifón N° 1 o sifón de Pisojé. A continuación se hace su descripción. El caudal firme que puede proporcionar el río Pisojé es de 80.00 lt/s.

2.1.2.1 Captación (W -76,557317; N 2,465842). La captación está construida por una presa vertedero de 7.50 metros de longitud y 1.27 metros de altura sobre el nivel mínimo de lecho del río, con un perfil de vertimiento del tipo WES. La bocatoma es de fondo sobre la corona de la presa, con un ancho de canal de 0.50 metros, una longitud de rejilla de 6.50 metros, formada por platinas de ¼" y espacios libres de 0.05 metros construida en cinco tramos de 1.30 metros de longitud cada uno.

La pendiente del canal recolector es del 2.0% y su longitud total es de 7.10 metros con altura inicial de 0.50 metros. El caudal recolectado se entrega en caída libre a la cámara de derivación. La longitud de la zona de amortiguación de la presa es de 2.30 metros y tiene doce bloques de pata en concreto de 0.10 metros de altura y 0.30 metros de ancho. Al final del solado hay trece bloques que cumplen también la función de disipadores de energía.

La cámara de derivación y de salida de a aducción tiene una sección de 1.0 x 1.0 metros, con su correspondiente válvula de entrada en 16" y vertedero de rebose.

2.1.2.2 Aducción. La aducción al desarenador se construyó en tubería de hormigón simple de 24' con pendiente del 0.4% y longitud de 118 metros. A tubo lleno la aducción puede transportar 288 lt/s. Con una velocidad de 1.37 m/s.

2.1.2.3 Desarenador (W -76,558022; N 2,467019). En la primera etapa se construyó un desarenador de tamaño similar al del sistema Tulcán que se describirá más adelante, y con capacidad para 150 lt/s. Para una segunda etapa se ha previsto construir una nueva unidad paralela y de igual capacidad que el existente, ya que durante ocho meses del año este sistema pueda aportar hasta 300 lt/s.

2.1.2.4 Entrega al Sistema El Tablazo. La conducción entre el desarenador de Pisojé y la cámara de entrada al sistema de conducción del río Las Piedras, está constituido por tubería de hormigón simple, clase uno de 18", con unión de caucho, en longitud de 246.00 metros y pendiente del 1.15%. A tubo lleno esta tubería puede transportar 331 lt/s. Con una velocidad de 2.08 m/s.

2.1.3 Sistema Tulcán. Se encuentra ubicado al oriente del municipio de Popayán, tiene como fuente abastecedora el río Molino el cual tiene su nacimiento en la vereda Santa Elena al sur del municipio con coordenadas planas (1063100 este, 764500 norte) y su desembocadura al norte de la ciudad en el río Cauca en las coordenadas (1050300 Este, 763700 Norte). Este sistema está diseñado para captar, transportar y tratar un caudal de hasta 150 lt/s. Sin embargo, en épocas de verano intenso el caudal firme que puede proporcionar el río Molino no sobrepasa 100 lt/s.

2.1.3.1 Captación (W -76,574232; N 2,439584). La estructura de toma permite captar un caudal de 375 lt/s mediante dos rejillas; Una rejilla frontal horizontal de 4.20 x 0.60 metros, con varillas de $\frac{3}{4}$ ", espaciadas a 5 centímetros centro a centro, que capta 275 lt/s., y Una rejilla lateral vertical de 2.70 x 0.60 metros, con varillas de $\frac{3}{4}$ ", espaciadas 5 centímetros centro a centro, que capta 100 lt/s.

Los canales recolectores tienen una pendiente del 1%, con sección circular y se empalman en la cota 1.787,06 m. La cámara de salida, que tiene su correspondiente boca de inspección, cuenta con una compuerta lateral circular de 18", con columna de maniobra y rueda de manejo. La cota de batea a la salida de la cámara es de 1.786,98 m.

2.1.3.2 Aducción. La aducción entre la cámara de salida de la captación y el desarenador la constituye una tubería de gres de 18" para escurrimiento libre de 132.00 metros de longitud hasta el aliviadero, con una pendiente del 0.3% y que para el caudal de 150 lt/s. Tiene una lámina de agua de 0.38 metros con una velocidad de 1.03 m/s, suficiente para evitar en la tubería cualquier tipo de sedimentación. A tubo lleno esta tubería puede transportar hasta 162 lt/s con una velocidad de 0.99 m/s.

Para facilitar la limpieza de la tubería existen dos cámaras de inspección en concreto simple.

Con el objeto de entregar al desarenador solo el caudal de diseño, se construyó antes de éste, un canal aliviadero de 13.20 metros de longitud y cámara circular de 4.39 metros. La cresta del aliviadero está a 0.31 metros del fondo y la longitud del vertedero propiamente dicho es de 4.66 metros.

2.1.3.3 Desarenador (W -76,575189; N 2,440548). Esta unidad de desarenación tiene un ancho de 4.20 metros, una longitud total de 16.40 metros y una profundidad útil de 1.50 metros.

Para el caudal de diseño (150 lt/s) la tasa de retención es de $188 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, lo cual le permite remover el 75% de las partículas de 0.074 mm de diámetro, y

un tiempo total de retención de 11.5 minutos. La velocidad horizontal es de 0.27 cm/s. Para facilitar la operación de limpieza existen tres tolvas donde se depositan aproximadamente el 90% de las partículas discretas. Cada tolva tiene una compuerta lateral de desagüe de 10", las cuales se operan desde las pasarelas construidas en concreto reforzados y perpendiculares al sentido de flujo. La pantalla de repartición está constituida por 84 orificios de 6.3 cm de diámetro. El vertedero de salida está situado en la cota 1.786,68 metros y la cota de fondo de la cámara de salida para la conducción es de 1.786,58 metros.

2.1.3.4 Línea de conducción. Tiene una capacidad de 150 lt/s, una Longitud aproximada de 3.587 metros con las siguientes características (ver cuadro 2):

Cuadro 2. Descripción de la línea de conducción Tulcán

Tramo	Cámaras	Material	Flujo	Longitud (m)	Diámetro (pul)	Clase
1	Desarenador-cámara N°4	Asbesto cemento	Presión	157	18	10
2	N°4-N°5	Asbestos cemento	Libre	95	18	6
3	N°5-N°6 (cruce río Molino)	Metálica de brida, recubierta de en mortero	-----	76	20	-----
4	N°6-N°11	Asbesto cemento	Libre	252	18	6
5	N°11-N°12 (viaducto)	Metálica de brida	-----	42	20	-----
6	N°12-N°22	Asbesto cemento	Libre	451	18	6
7	N°22-N°23 Sifón de tubería	Asbesto cemento	Presión	187	18	10
8	N°23-N°30	Asbesto cemento	Libre	320	18	6
9	N°30-N°31 (sifón de tubería)	Metálica de brida	-----	115	20	-----
10	N°31-N°31 ^a	Asbesto cemento	Libre	101	18	6
11	N°31 ^a -N°38 (sifón)	Asbesto cemento	Presión	379	18	10
12	N°38-N°39 Túnel sección rectangular	Revestimiento concreto ciclópeo en	Libre	113	(1.00 x 1.90m)	-----
13	N°39-N°44	Asbesto cemento	Libre	291	20	6
14	N°44-N°45 Túnel	Revestimiento lateral en concreto simple, cubierta del túnel con prefabricados en concreto reforzado	Libre	213	(0.8 x 1.20m)	-----
15	N°45-N°46	Asbesto cemento	Libre	36	20	6

Cuadro 2 (Continuación)

Tramo	Cámaras	Material	Flujo	Longitud (m)	Diámetro (pul)	Clase
16	N°46-N°47 (sifón)	Asbesto cemento	Presión	134	20	10
17	N°47-N°48 (canal)	Recubierto en concreto simple, cubierta en prefabricados de concreto reforzado	Libre	118	(0.80 x 1.20 m)	-----
18	N°48-N°49	Asbesto cemento	Libre	64	20	6
19	N°49-N°50	Túnel recto	Libre	170	-----	-----
20	N°50-N°53	Asbesto cemento	Libre	123	20	6
21	N°53- planta de tratamiento	Asbesto cemento	Presión	150	20	10

Fuente: Propia del estudio

2.1.4 Sistema Palacé. Para este acueducto se ha tomado como fuente el río Palacé que nace en paramo y desemboca en el río Cauca.

• **Presa Vertedero.** Para captar el caudal requerido de la fuente, se cuenta con una presa vertedero en concreto ciclópeo de 12.00 m de ancho en el punto de aguas arriba y 15.00 m en el punto de aguas abajo. El perfil de la presa de aguas arriba tiene un talud inclinado para facilitar las descargas de piedras en las avenidas del río, y siendo aguas abajo el perfil parabólico, la base de la presa en la sección central tiene 6.60 m de ancho. Se ha previsto que el nivel de cimentación de la presa es de 3.40 m de profundidad hasta encontrar los estratos rocosos. Sin embargo, previamente se deberán efectuar al menos dos perforaciones para determinar el nivel de dichos estratos. La cota de corona de la presa es de 1954,50 m.s.n.m., en el fondo de aguas arriba se encuentra la cota 1952,10 msnm y aguas abajo en la cota 1950,20 msnm.

2.1.4.1 Captación (W -76,499448; N 2,49992). Sobre el costado derecho de la presa se ha diseñado la bocatoma que consiste en una canal de sección rectangular de 1.40 m de ancho, ingresando el caudal a través de una rejilla de igual ancho libre y 3.60 m de altura conformada por dos unidades similares. Inmediatamente después se encuentra la cámara de entrada, paralela al canal de limpieza de 1.40 m de ancho. Sobre su lado izquierdo se encuentra un vertedero lateral graduable de 7.00 m de longitud, que tiene por objeto controlar el volumen de agua que ingresa a la línea de aducción.

Así mismo sobre el lado derecho de la presa vertedero se ha previsto un canal de limpieza de sedimentos cuyo fondo se encuentra en la cota 1952.10, es decir, un metro por debajo de la cota de fondo de la bocatoma. Este canal tiene un ancho libre de 1.20 m y tienen una compuerta de 1.20x0.80 m de apertura periódica para evacuar los sedimentos que se depositan aguas arriba de la presa. La velocidad de transporte en este canal es alta, lo que permite una

limpieza eficiente del material de arrastre acumulado en el pequeño embalse que forma la presa vertedero. Este canal tiene la misma longitud del tanque disipador. La compuerta del canal de limpieza, tiene, además, un vástago de acero, columna de operación y rueda de manejo con su correspondiente reductor.

- **Desagüe de excesos.** Los excesos en la bocatoma se entregan por un vertedero lateral graduable a un canal paralelo de desagüe de 1.20 m de ancho y 16.0 m de longitud total que cuenta con una estructura de amortiguación y descarga nuevamente al río al final del canal de limpia. El caudal de entrada al sistema se debe regular con la calibración del vertedero graduable y la apertura de la compuerta de entrada a la línea de aducción.

2.1.4.2 Aducción. Entre la cámara de salida de la bocatoma y los desarenadores se ha proyectado una línea de conducción de 348.00 m de longitud con siete (7) pozos de inspección intermedios en los cambios de dirección que, además, tienen una finalidad de facilitar el mantenimiento. El caudal de entrada al sistema se controla mediante una compuerta lateral circular de 30" de diámetro, con su respectiva columna de operación, reductor y rueda de manejo. Este tramo de la conducción que funciona a escurrimiento libre, se ha proyectado en tubería de hormigón reforzado Clase III de 30" de diámetro, con una pendiente constante del 0.30 %. A tubo lleno, esta línea puede transportar hasta 636 lt/s. La cota clave de salida es 1.953.99 y la de llegada a los desarenadores es de 1.952,80. La línea de aducción se ha proyectado por la margen derecha del río, atendiendo recomendaciones de tipo geotécnico.

Vale la pena mencionar que el trazado inicial de la línea de aducción se había proyectado por la margen izquierda del río, pero por recomendación del especialista en Geotecnia, se cambió para la margen derecha, lo cual implica la necesidad de atravesar el río con la tubería de conducción de agua cruda.

2.1.4.3 Desarenadores (W -76,501458 N 2,497681). Para la primera etapa del nuevo sistema se han diseñado dos (2) unidades de desarenación de tipo convencional con capacidad para 250 lt/s, cada una. La estructura de cada desarenador tiene un ancho libre de 5.20 m de altura total de 1.80 m, altura útil de 1.45 m y longitud de 27.20 m con cuatro (4) tolvas para la recolección de sedimentos, los cuales descargan por gravedad de nuevo al río Palacé, al accionar las compuertas laterales de fondo de 10". La tubería de desagüe de los desarenadores se ha previsto en 20" de diámetro con una pendiente constante de 2.5 %, una longitud de 66.00 m y tres cámaras de caída. Esta tubería permite evacuar un caudal de hasta 621 lt/s, con velocidad de 3.06 m/s.

La tubería de aducción de 30" descarga a una cámara de entrada de 3.00 m de largo por 2.85 m de ancho y altura total de 1.63 m. Esta cámara tiene a su vez un vertedero de control graduable de 3.00 m de longitud, que tiene por objeto

regular el caudal de entrada a los desarenadores. El caudal de rebose se entrega a una caja de 3.00 m de longitud, 1.20 m de ancho y altura total de 2.43 m conectada al desagüe.

Vale la pena aclarar que como la capacidad propuesta para la línea de aducción es un poco mayor que la de los desarenadores, se debe regular el caudal de entrada a ellos mediante las compuertas de entrada a la aducción y a las unidades de desarenación, a fin de que ingrese únicamente el caudal que se va a tratar en planta, con un valor máximo de 500 lt/s.

La regulación del caudal de entrada al desarenador se hace por medio de una compuerta lateral circular de 30" que se opera con reductor. A 0.80 m del muro de entrada se ha diseñado una pantalla distribuidora con 27 orificios circulares de 6", que tiene por finalidad repartir de manera homogénea el caudal de ingreso a cada unidad.

Para el caudal de diseño, la carga superficial es de $158 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, pudiéndose retener partículas hasta de 0.075 mm de diámetro con una eficiencia en la remoción de 84%. El descargue libre del caudal a la cámara de salida se hace a través de cinco (5) vertederos triangulares por unidad, que tienen por finalidad aforar el caudal de entrada a la línea de conducción. Se deberá instalar por lo tanto una regla graduable donde se pueda hacer la lectura directa de la altura de la lámina de agua y del caudal de ingreso.

La cámara de salida tiene 10.65 m de largo, 1.40 m de ancho y una altura total de 1.80 m. En el costado izquierdo tiene un pequeño vertedero de control de 1.40 m, que también regula el caudal y bota los excesos, que caen a una cámara cuadrada de 1.40 m de lado y una altura de 2.69 m, que está conectada al desagüe general.

Las compuertas de lavado de las tolvas recolectadas se operan manualmente desde las respectivas pasarelas, debiéndose operar en forma sucesiva y no simultánea.

2.1.4.4 Línea de conducción. La línea de conducción de agua cruda que se proyectó tiene una capacidad nominal de 500 lt/s con una longitud de 5.669.00 m entre la salida de los desarenadores y la cámara de quietamiento a la entrada de la planta de tratamiento, en tubería de presión de 27". La altura total disponible es de 18.80 m entre la cota a la salida de desarenadores que es de 1952,05 msnm y la de la cámara de entrada a la planta que es de 1933,25 m.s.n.m.

Como los desarenadores están localizados sobre la margen derecha del río Palacé, la línea de conducción cruza el río por debajo del cauce en un punto donde se estrecha en la abscisa K0 + 556.00. A lo largo de la conducción se deben instalar 16 válvulas de aire y vacío de doble acción de 3", 14 válvulas de purga de 4", y un total de 134 codos entre horizontales y verticales. Por la conformación topográfica de la zona fue necesario diseñar seis (6) túneles de

longitud total de 1.005.40 m localizados en las siguientes abscisas, (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción línea de conducción Palacé

No.	Abscisas	Longitud(m)
1	K0+651.30 a K0+767.30	116.00
2	K0+867.30 a K1+067.30	200.00
3	K2+825.10 a K2+950.30	125.20
4	K3+139.70 a K3+489.40	349.70
5	K4+695.50 a K4+820.00	124.50
6	K5+411.50 a K5+501.50	90.00

Fuente: Estudio de impacto ambiental sistema Palacé

Se trata de túneles de sección rectangular inferior de 1.40 m de ancho libre y circular superior de 1.80 m de altura libre, que se revestirán con marcos prefabricados de concreto reforzado de 0.10 x 0.10 m de sección, formados por dos elementos simétricos que se unen en la parte superior con un pasador metálico. Este revestimiento se colocará en las zonas que estén conformadas por suelo residual proveniente de la meteorización de cenizas volcánicas o roca meteorizada.

Así mismo se han diseñado seis (6) viaductos de 16.00 m de longitud cada uno para pasos inferiores de quebradas o drenajes de aguas lluvias, a lo largo de la conducción.

2.1.5 Sistema de alcantarillado. Para la identificación de los componentes del sistema de alcantarillado se abordara por grupos de comunas previamente establecidos en el plan de limpieza y mantenimiento elaborado por la división de alcantarillado de la empresa.

2.1.5.1 Comunas 4, 5, 6 y 8. En esta zona la población servida es de 57.896 habitantes que en su gran mayoría pertenecen a los estratos 1, 2, 3 y 4. Durante todo el recorrido del colector se encuentran algunas descargas de aguas sanitarias y combinadas, vertiéndose directamente al río Ejido. Existen sobre la zona de influencia del colector descargas especiales como la del Matadero Municipal, estos establecimientos entregan sus aguas residuales con tratamiento primario a quebradas y ríos. El sistema de alcantarillado del área aledaña al río Ejido desde la zona sur oriental drena sus aguas hacia los colectores existentes de la siguiente manera:

- **Colector izquierdo río Ejido.** Este colector tiene sus inicios en cercanías a la Normal de Señoritas, haciendo un recorrido de oriente a occidente sobre la margen izquierda del río Ejido. Es un colector circular construido en concreto con diámetros que oscilan entre 12" y 30"; la longitud del colector se estima en 3.1 Km; la construcción del colector se remonta a los años

posteriores al terremoto de 1983. Cuenta con dos estructuras de alivio, una ubicada en cercanía de los talleres municipales y la otra detrás de la escuela Anexa. La descarga final de este colector se hace sobre el río Ejido y está localizada en la intersección de la calle 5ª con dicho río, en el sitio denominado “Puente Chune”.

- **Colector derecho río Ejido.** Este colector tiene su inicio en cercanías a la licorera del Cauca, e inicia como un colector circular de concreto que alcanza 40”; luego de un recorrido cercano a 1.5 Km., esta tubería se introduce a una cámara a partir de la cual continúa como una tajea que tiene secciones que varían entre 1.45-1.90 m de altura y entre 1.95-2.60 m de ancho; luego de un recorrido cercano a 2.0 Km., la tajea se introduce a una cámara de alivio que descarga al cauce del río Ejido en la carrera 20 con calle 7ª en el Barrio Minuto de Dios, a partir de allí el colector continúa como una tubería de 40”, que luego de 1.2 km., descarga en el río Ejido, en la carrera 20 con calle 7ª en el Barrio Canadá. El recorrido del colector a partir del segundo tramo es por la margen derecha del cauce del río Ejido

2.1.5.2 Comunas 2, 3, 7, 8 y 9. El sistema de alcantarillado de estos sectores corresponde a parte del área tributaria a la quebrada Pubús, río Ejido, río Molino, río Cauca y quebrada Quitacalzón y drena sus aguas hacia los colectores existentes de la siguiente manera.

- **Interceptor derecho río Ejido.** El colector derecho del río Ejido a partir de la carrera 20 con calle 7ª, en el Barrio Minuto de Dios, es una tubería de 40”, que luego de 1.2 km., descarga en el río Ejido, en la carrera 20 con calle 7ª en el Barrio Canadá. El recorrido del colector a partir del segundo tramo es por la margen derecha del cauce del río Ejido.
- **Interceptor derecho quebrada Pubús.** Los barrios servidos por este colector corresponden a una población actual beneficiaria de 20.074 habitantes que pertenecen en su mayoría a estratos 1 y 2, de la comuna 7 principalmente. Este colector tiene su inicio en cercanías al anillo vial en la salida de Popayán hacia Pasto, hace su recorrido de oriente a occidente sobre la margen derecha de la quebrada Pubús. Está construido en tubería de concreto con diámetros que oscilan entre 16 y 24”; la longitud del colector se estima en 3.9 km, su construcción fue posterior al terremoto. La descarga final de este colector se realiza sobre la quebrada Pubús y está localizada en la intersección de la calle 5ª con dicha quebrada, a la entrada del barrio Lomas de Granada, en el sitio denominado “Puente de las Garzas”. En gran parte de su recorrido el colector se encuentra por debajo de la cota de fondo de la quebrada Pubús.

La capacidad hidráulica del colector a lo largo de su recorrido varía de 142.88 lps en sus tramos iniciales, hasta 421.30 lps en sus tramos finales, calculando para una ocupación del 75% de su sección. Existe sin embargo, un valor de

293.70 lps en un tramo intermedio del colector, que implica un caudal de transporte inferior a los 421.30 lps en sus tramos finales. El caudal de aguas residuales (aportado por los usuarios) estimado para este colector es de 25.86 lps

- **Interceptor izquierdo río Molino.** La población actual beneficiaria es de 14163 habitantes que pertenecen en su mayoría a estratos 3 y 4 de las comunas 4, 6, 8 y 9 principalmente. Sobre la parte inicial del colector, existe un área considerable que podría densificarse en el futuro. Este colector tiene sus inicios frente a los predios de la Tránsito municipal, haciendo un recorrido de oriente a occidente sobre la margen izquierda del río Molino. Es un colector circular construido en concreto con diámetros que oscilan entre 24" y 40"; la longitud del colector se estima en 3.8 km, su construcción data del año 1986. El colector cuenta con dos estructuras de alivio.

A1: ubicada en predios de la familia Mosquera y

A2: en predios de la escuela María Luisa.

La capacidad hidráulica del colector a lo largo de su recorrido varía de 526.14 lps en sus tramos iniciales, hasta 1842,15 lps en sus tramos finales. La capacidad de transporte del colector alcanza valores de hasta 5301 lps, en tramos previos a las estructuras de alivio. El caudal de aguas residuales estimado para este colector es de 18.64 lps. La descarga final de este colector se hace sobre el río Molino, en cercanías a la Escuela del barrio Pandiguando.

- **Interceptor derecho río Molino.** La población actual beneficiaria es de 17607 habitantes que pertenecen en su mayoría a estratos 3 y 4 de las comunas 3 y 4 principalmente. Este colector tiene sus inicios en la vía que conduce al sector de Pueblillo, a un lado del puente sobre el río Molino. El colector hace un recorrido de oriente a occidente sobre la margen derecha del río. Es un colector circular construido en concreto con diámetros que oscilan entre 14" y 54"; la longitud del colector se estima en 4.5 km, su construcción data del año 1986. El colector cuenta con cinco estructuras de alivio.

A1: Ubicada en predios de la Escuela Superior de Administración Pública.

A2: Ubicada detrás del Hospital Universitario San José.

A3: Ubicada detrás de la Escuela Laura Valencia.

A4: Ubicada cerca de Pollos Conquistador.

A5: Ubicada en predios de la Policía.

La capacidad hidráulica del colector a lo largo de su recorrido varía de 126.70 lps en sus tramos iniciales, hasta 342.25 lps en sus tramos finales. La capacidad de transporte del colector alcanza valores de hasta 4985 lps, en tramos previos a las estructuras de alivio. El caudal de aguas residuales estimado para este colector es de 51.07 lps. La descarga final de este colector se hace sobre el río Molino, cerca al puente aledaño a la Estación Central de la Policía, en predios de la aeronáutica civil.

2.1.5.3 Zona intermedia río Cauca. La zona intermedia abarca principalmente, la zona de la ciudad que es recorrida por el río Cauca. El desarrollo urbano en estas zonas se potencializó luego del terremoto de 1983, haciendo que familias de los estratos más altos de la ciudad se ubicaran sobre esta área. Los colectores aquí presentados, son de poca longitud en comparación con los de la zona sur-occidental. Sobre esta zona son múltiples las soluciones individuales sin tratamiento, colectivas con tratamiento o individuales con descarga directa al suelo o al río Cauca, que no son cubiertas por el sistema de alcantarillado de la ciudad.

- **Colector Machángara.** La población actual beneficiaria es de 1490 habitantes que pertenecen en su mayoría a estratos 5 y 6 de la comuna 1 principalmente. Sobre la parte intermedia e inicial del colector, existen áreas amplias que podrían densificarse en el futuro. Este colector combinado tiene sus inicios en la vía Panamericana margen derecha en sentido Cali-Popayán, tiene tramos que se encuentran bajo las casas de los sectores que drena, y en algunos casos atraviesa patios y solares privados. Las redes secundarias que aportan al colector principal, presentan una gran cantidad de conexiones erradas y anti técnicas. No cuenta con estructuras de alivio. El colector hace un recorrido de oriente a occidente, está construido en concreto con diámetros que oscilan entre 24” y 27”; la longitud del colector se estima en 1.5 km. La descarga final la hace sobre el río Cauca, en predios del Club La Cabaña.

La capacidad hidráulica del colector a lo largo de su recorrido varía de 487.63 lps en sus tramos iniciales, hasta 1279.17 lps en sus tramos finales. La capacidad de transporte del colector alcanza valores de hasta 1823.66 lps, Existe sin embargo, un valor de 815.57 lps en un tramo intermedio del colector, que implica un caudal de transporte inferior a los 1279.17 lps en sus tramos finales. El caudal de aguas residuales estimado para este colector es de 3.11 lps.

- **Colector Palacé.** La población actual beneficiaria es de 4476 habitantes que pertenecen en su mayoría al estrato 4 comuna 3, y principalmente al barrio Palacé. La posibilidad de aumento de población hacia esta zona es muy restringida pues se observaron nuevas soluciones de vivienda, que cubrieron gran parte del área de densificación disponible. Este colector combinado tiene sus inicios en la vía Panamericana margen izquierda en sentido Cali-Popayán, hace un recorrido de Sur a Norte, está construido en concreto con diámetros que oscilan entre 12” y 60”, la longitud del colector se estima en 1.0 km. La descarga final se hace sobre el río Cauca, cerca al puente de la vía Panamericana. Existe una estructura que se asemeja a una cámara de alivio, pero que no funciona adecuadamente dado que fue mal construida. El caudal de aguas residuales estimado para este colector es de 8.51 lps.

2.1.5.4 Zona Norte río Cauca. Constituida por dos subzonas una sobre la margen izquierda de la vía Cali-Popayán y la otra sobre la margen derecha. La densificación en esta zona respondió a los fenómenos socioeconómicos ocurridos como consecuencia del terremoto de 1983, pero a diferencia de la zona intermedia, los asentamientos humanos tienen la característica de pertenecer en su gran mayoría a los estratos 1, 2 y 3. Esta zona tiene su límite natural con la zona intermedia en el río Cauca. En la subzona situada a la izquierda de la vía Cali-Popayán se localizan los siguientes colectores:

- **Colector vereda González.** El caudal de aguas residuales sanitarias estimado para este colector es de 5.79 lps. Este colector tiene sus inicios en el barrio Bello Horizonte, hace un recorrido de oriente a occidente, está construido en concreto con diámetros que oscilan entre 8” y 18”; la longitud del colector se estima en 2.0 km. La descarga final se hace sobre el río Cauca, cerca al antiguo puente del ferrocarril al lado del colector a 150 metros antes de la descarga, se localizan estructuras de concreto inconclusas, que tenían como objetivo realizar el tratamiento de las aguas residuales transportadas por el colector. La descarga se ubica en predios de la Granja Agrícola del INEM.

Este colector recibe las aguas del 80% del barrio Bello Horizonte y de la vereda González que en la actualidad está conformada por asentamientos. La población servida por este colector es de 3938 habitantes. Los sectores drenados pertenecen a los estratos 1, 2 y 3. La posibilidad de crecimiento hacia la zona drenada por el colector vereda González, es relativamente restringida dado que se observaron áreas considerables por densificar, con un drenaje natural hacia la descarga final del colector.

- **Colector Villa Del Norte.** Tiene sus inicios en el sector denominado Ciudadela La Paz, con un recorrido de norte a sur, está constituido por un sistema de tuberías de concreto con diámetros entre 12” y 60” que transportan un caudal de aguas residuales estimado de 6.19 lps, la longitud del colector se estima en 2.0 km. La descarga final se hace sobre el río Cauca, 1.0 km antes del puente del antiguo ferrocarril sobre el río Cauca. El colector en un principio se proyectó como combinado, sin embargo una serie de inconvenientes justificaron la construcción de interceptores de agua lluvia, por lo que la zona cuenta con un sistema de recolección y transporte de aguas residuales y otro para el manejo de agua lluvia. 300 metros antes de la estructura de disipación de energía, construida para hacer la descarga de los colectores de agua residual y de agua lluvia al río Cauca. La población servida por este colector es de 4526 habitantes, correspondientes a los barrios pertenecientes a los estratos 1, 2 y 3. La posibilidad de crecimiento hacia la zona de La Paz, es relativamente restringida porque se observaron áreas considerables sin densificar, que tienen un drenaje natural hacia la descarga final del colector.

En la subzona situada a la derecha de la vía Cali-Popayán, se localizan los siguientes colectores:

- **Colector Chamizal conectado a Quitacalzón.** El colector de la quebrada Chamizal funciona como alcantarillado sanitario, tal como fue proyectado. Está construido en tubería de concreto con diámetros entre 8 y 18” con un caudal estimado en 3.31 lps, .tiene un recorrido de occidente a oriente. Inicia en cercanías a la vía Panamericana. Descarga directamente sobre la quebrada Chamizal, 500 m antes de la variante a Pasto. La población actual beneficiaria es de 985 habitantes que pertenecen en su mayoría al estrato 1, 2 y 3. La posibilidad de aumento de población hacia esta zona es grande dado que se observaron asentamientos subnormales sobre el recorrido del colector, y áreas importantes que actualmente se encuentran sin densificar.
- **Colector quebrada Quitacalzón.** Funciona como alcantarillado sanitario, como fue proyectado. Está construido en tubería de pvc con diámetros entre 8 y 18” con capacidad hidráulica que varía de 158 lps. En sus tramos iniciales, hasta 196 lps en sus tramos finales. El caudal de aguas residuales estimado para este colector es de 10.90 lps, tiene un recorrido de occidente a oriente. Inicia en cercanías a la vía Panamericana. Descarga sobre la quebrada Quitacalzón, 1500 m después de la variante a Pasto, en la vereda San Bernardino. El agua lluvia es interceptada por un sistema de colectores para, y realiza su vertimiento sobre la quebrada. La población servida por este colector es de 9369 habitantes, que pertenecen en su mayoría al estrato 1 y 2. La posibilidad de aumento de población hacia esta zona es grande, dado que existe un área importante que actualmente es denominada sub-urbana y que dista del casco urbano 50 metros, además se observaron áreas grandes en zona urbana con servicios públicos y vías, sobre el recorrido del colector, que actualmente se encuentran sin densificar.
- **Colector quebrada Garrochal.** Funciona como alcantarillado sanitario, como fue proyectado. Construido recientemente, la tubería de concreto que lo conforma tiene diámetros entre 8 y 27”, realiza un recorrido de occidente a oriente. Inicia en cercanías a la vía Panamericana y actualmente transporta los efluentes de la urbanización Villa del Viento perteneciente a su área de influencia. Esta urbanización cuenta con un sistema de tratamiento conformado por tanques Imhoff y filtros anaerobios. El sistema de tratamiento descarga sobre la quebrada Garrochal.

La población servida es de 1584 habitantes pertenecientes a la Urbanización Villa del Viento. La posibilidad de aumento de población hacia esta zona es grande dado que existen áreas importantes sin densificar que en un futuro serán servidas por el colector.

2.2 VÍAS DE ACCESO Y COMUNICACIÓN

2.2.1 Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tulcán

Figura 1. Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tulcán



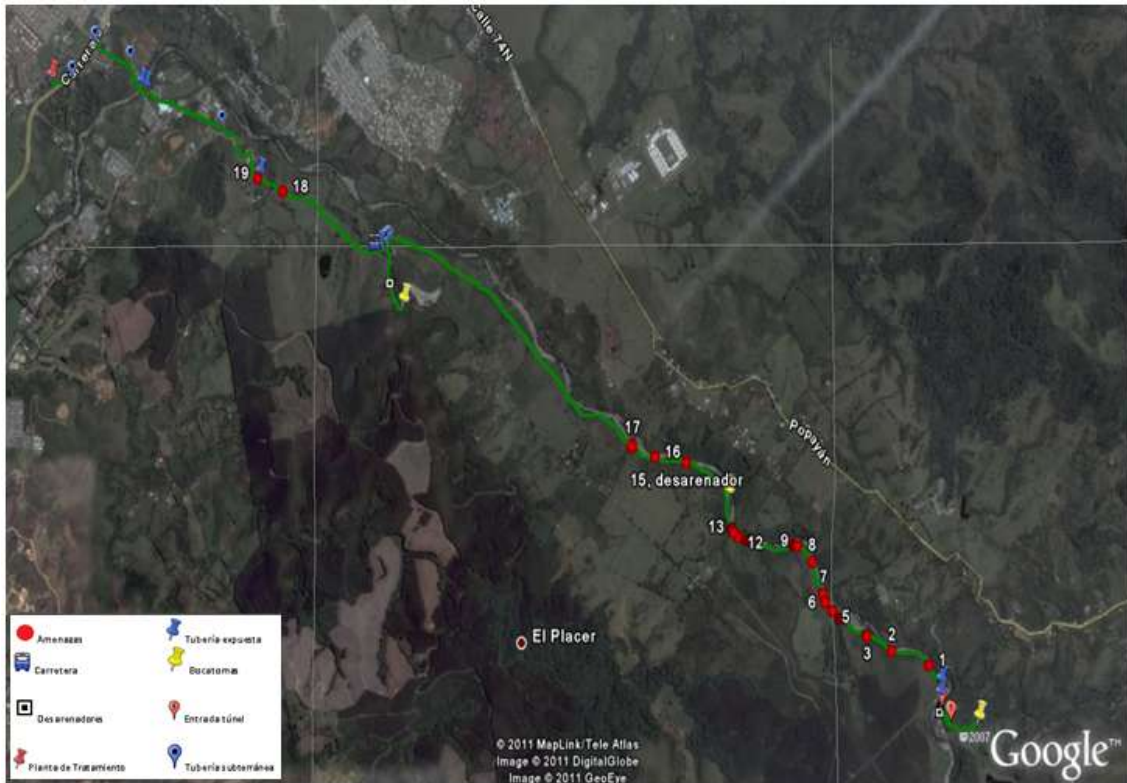
Fuente: Propia del estudio (Adaptación imagen Google año 2011)

El ingreso a la zona de captación se hace a través de la vía que conduce al departamento del Huila (calle 25 N), por donde se encuentran ubicados los talleres municipales, ingresando a la vereda de Pueblillo y continuando por la calle principal hasta encontrar la intersección con el río Molino. De allí se continúa sobre la conducción del agua cruda donde se llega primero a los desarenadores y luego a la bocatoma.

Para acceder a la línea de conducción del agua cruda se puede hacer por la planta de tratamiento Tulcán (barrio Caldas), por la vía al Huila aproximadamente a 1,5 km de los talleres municipales y por las zonas aledañas a la vereda Pueblillo.

2.2.2 Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Tablazo

Figura 2. Sistema conducción agua cruda, bocatoma-planta de tratamiento de Tablazo



Fuente: Propia del estudio (Adaptación imagen Google año 2011)

El ingreso a la zona de captación se hace a través de la vía panamericana que conduce a Cali en la carrera 9 con calle 73N donde se toma la vía que conduce a la vereda los Llanos hasta la intersección con la carretera que conduce a la estación Florida II donde se encuentra ubicada la bocatoma.

2.2.3 Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Palacé

Figura 3. Sistema conducción agua cruda, bocatoma - planta de tratamiento de Palacé



Fuente: Propia del estudio (Adaptación imagen Google año 2011)

El ingreso a la zona de captación se hace a través de la vía que de Popayán conduce al municipio de Totoró, ingresando a la vereda de Clarete y continuando por ella hasta la casa de propiedad de Libardo Méndez. De allí en adelante se requiere construir una carretera en longitud de 2.179,88 m y ancho de 3,50 m que termina en la boca de acceso del túnel No. 1 de la conducción de agua cruda. Desde ese túnel hasta el sitio de captación propiamente dicho se hace a pie cruzado el río Palacé. En la vía existente es necesario construir un pontón sobre la quebrada Clarete, lo mismo que varias alcantarillas en tuberías con sus respectivos cabezales en concreto reforzado.

2.3 CLIMATOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio se encuentra dentro del municipio de Popayán y no se cuenta con estudios específicos para las líneas de conducción como características del clima, la geomorfología y geología por tanto se realiza una descripción general y aproximada de estos.

La zona de estudio se encuentra entre los 1700 y 1900 msnm, considerando los parámetros presentes en el POT corresponde a tierra templada mostrando temperaturas entre los 16.4 y 18.9°C con precipitaciones alrededor de los 2000-2400mm

2.4 GEOLOGÍA DE LA ZONA

Se basa en la información suministrada por Ingeominas, presentada en términos generales considerando las principales unidades aflorantes, los aspectos estratigráficos y litológicos de la siguiente manera:

2.4.1 Paleozoico. Las rocas correspondientes a esta edad afloran al oriente del casco urbano, sobre la carretera Popayán –Puracé, en el lecho y márgenes del río molino, en el sector de Pueblillo, y en el cauce medio y alto de la quebrada Molanga. Las unidades geológicas correspondientes a este periodo han sido agrupadas en un conjunto al cual se ha denominado Grupo Arquía y corresponde a un conjunto de rocas metasedimentarias esquistosas que han sido diferenciadas en las siguientes unidades:

- **Pz?mga.** Se conforma de anfibolitas, metagabros y esporádicos y delgados niveles de metapelitas en el rango de esquistosa a metagabros se presentan macizos y de un color verde y grisáceo. Las metapelitas presentan excelente foliación esquistosa con láminas micáceas, de moscovita y biotita.
- **Pz?evm.** Se compone de esquistos verdes (metabasitas), con intercalaciones ocasionales de esquistos cuarzo & micáceo, carbonáceos, cuarcitas y metasamitas, presenta un color verde grisáceo y oscuro.
- **Pz?ecm.** Conjunto de rocas metasedimentarias mesquistosas, se conforman de esquistos, cuarzo & micáceo, esquistos negros, meta & areniscas y cuarcitas, con colores grises o carmelitos claros y oscuros. Los esquistos negros son las capas menos abundantes. El cuarzo es muy común, en todo el conjunto, y se encuentra como venas paralelas a la foliación y a veces cortándola.

2.4.2 Mesozoico

- **Granitoide catalizado de bellones (Mzgb).** Se define como un bloque tectónico alargado, conformado principalmente por una cuarzodiorita (tonlita) o granodiorita catalizada. Los principales minerales son cuarzo y plagioclasa. También existe biotita, anfíbol y moscovita.
- **Complejo ofiolítico de la Tetilla (Klcot).** Compuesta por bloques tectónicos metamórficos de diferentes protolitos litológicos que se encuentran suprayacidos en gran parte por niveles volcánicos, cenizas y

flujos del cenozoico tardío de la formación Popayán. Los diferentes bloques están limitados por fallas que siguen una dirección aproximada N-S y E-W; por esta razón es muy difícil conocer las relaciones estratigráficas entre los diferentes bloques.

- **Complejo quebradagrande (KCqs).** Este complejo no aflora y es el basamento de la formación Popayán es un conjunto ígneo & básico, conformado por basaltos y diques de diabasa.

2.4.3 Cenozoico

- **Terciario**

El terciario está representado en las siguientes formaciones:

- **Formación Ferreira (tomf).** Se compone de una secuencia de conglomerados cuarzosos, areniscas, limolitas, arcillolitas sales, carbonáceos y capas de carbón en forma lenticular esta formación tiene estratificación gruesa en paquetes de treinta centímetros a un metro de espesor
- **Formación Esmita (tme).** La formación está constituida principalmente por molitas de color negro, a veces con estratificación fina a gruesa, arcillolitas oscuras, areniscas grises y verdes oscuras de grano medio a grueso, capas de areniscas fosilíferas, ocasionales intercalaciones de sales carbonáceos y de una capa de conglomerado cuarzoso, hacia la base presenta una topografía de pendientes suaves.
- **Cuerpos intrusivos menores (tocd).** En el área de la tetilla, pequeños cuerpos intrusivos, principalmente diques, aparecen en distintos sitios como en el cerro Cascaja y la vereda la Yunga, a sur del río Cauca. El intrusivo la yunga, aparece con un pequeño cuerpo ígneo metamórfico que tiene como característica principal cristal de cuarzo piramidal.
- **Cuerpos intrusivos menores (tmda).** Aparece en la confluencia de los ríos Cauca y Piedras, aflora una apófisis de porfidodacíticos que se componen de plagioclasa, cuarzo y anfíbol
- **Miembro Polindara (tppo).** Está constituida por flujos de lava andesítica con un espesor aproximado de 3.5 m, pero hacia el occidente sus espesores disminuyen y en el valle interior del río Cauca no afloran, pues se trata de lavas viscosas que solo en algunos casos sobrepasan los 10 Km, de recorrido desde el afluente.
- **Miembro Sombrero (tpps).** Cubren el flanco occidental de la cordillera central, donde respectivamente se extienden hasta la margen oriental del río Cauca, reposando sobre rocas sedimentarias del terciario. En la planicie de

Popayán están depositados sobre rocas diabásicas del cretácico levantadas por el sistema de fallas Mosquerillo & la Tetilla. Son depósitos de ceniza y bloques de color gris, caóticos, mal seleccionadas, con fragmentos líticos de forma angular a semiredondeada. Descansan discordantemente sobre las lavas andesíticas del miembro Polindara o sobre rocas metamórficas y diabásicas de edades paleozoica y cretácea.

- **Miembro Julumito (TPpj).** Constituido por filos de ignimbritas de Julumito y Totoró. Las ignimbritas se extienden en los alrededores de Popayán y afloran en los cañones de los ríos Cauca, Robles, Hondo y Palacé, en algunos afloramientos se observan estructuras columnares y la roca presenta una matriz de color gris brillante que encierra cristales de biotita y plagioclasa, además fragmentos angulares de obsidiana y pómez. Las mejores secciones en el municipio se observan:
 - Río Hondo en el corregimiento de la Yunga.
 - Río Cauca sobre paredes de Julumito.
 - La Chorrera del Club Campestre en la Cabecera Municipal de Popayán.
 - Río Palacé en la vía que conduce a Popayán.
 - El río Cauca en el puente de Julumito.

2.4.4 Cuaternario

Corresponde a depósitos recientes principalmente de origen volcánico y sedimentario.

- **Miembro Cajibío (Qpca).** Lo conforman de depósitos de flujos de cenizas y pómez. Los afloramientos de este miembro son escasos y su ocurrencia es muy localizada. Se encuentran en el cauce del río las Piedras. La matriz está compuesta de ceniza blanca con cristales de Plagioclasa, Hornblenda y Biotita. En el municipio afloran en la quebrada Santa Teresa entre la desembocadura del río las Piedras y la hacienda San Juan.
- **Miembro Palacé (Qppa).** Está constituido por desprendimientos de flujos de lodo, los cuales están restringidos a los cañones de los ríos y quebradas que les han servido como canal de transporte. Los flujos descansan sobre el miembro Julumito, en los ríos Hondo, Piedras, Robles y Palacé en cercanías a la ciudad de Popayán. Los flujos de lodo son fragmentos y bloques de andesitas con alta proporción de diabasas, basaltos y en menor cantidad de esquistos. Los cantos son redondos a semiredondeados y subangulares. La matriz es arcillo arenosa pasando a arena arcillosa. En algunos sectores presentan alto grado de meteorización.
- **Miembro La Venta (Qplv).** Son depósitos de flujos de ceniza de caída. El espesor de la unidad es aproximadamente de 40 metros, los flujos de ceniza están constituidos por un material arcilloso de color amarillo ocre producto de la meteorización. Las cenizas de caída presentan color castaño

amarillento y generalmente aparecen en varias capas, éstas, al igual que los flujos de cenizas presentan cristales rotos de cuarzo de brillo vítreo y cuarzo bipiramidal, además, plagioclasa y mica.

- **Flujos de Lodo y Depósitos Aluviales del río Molino (Qpm).** Afloran en la parte plana o subcuenca de Popayán, se conforma de terrazas aluviales, hacia la parte superior, y de flujos de lodo y lahar. Hacia el techo existe una capa de lahar de matriz tobácea, tamaño limo y arena infrayacida y suprayacida por terrazas aluviales.
- **Terrazas (Qtc).** Terrazas recientes de los ríos Cauca, Molino, Ejido y la quebrada Pubús, son depósitos aluviales de morfología plana que por estar cerca de ríos son áreas prohibidas para construcciones.
- **Unidades aluviales y coluviales (qal).** Se conforman de capas de arenas, gravas redondeadas, limos y ocasionalmente arcillas, el espesor de estas secuencias no sobrepasan los 50 metros, las unidades coluviales están localizadas al pie de las laderas, se componen de gravas, arenas angulosas, limos y arcillas. La edad se asigna al cuaternario tardío.

2.5 ASPECTOS FÍSICOS GEOGRÁFICOS

La zona en donde se encuentra el municipio de Popayán, la conforma el Valle Inter Andino del Alto Cauca, enmarcado entre el flanco occidental de la cordillera Central y el flanco oriental de la cordillera Occidental. En esta zona se presentan dos expresiones topográficas: las zonas de fuertes pendientes en los flancos de las cordilleras y una zona suavemente ondulada en el Valle Inter Andino con profundos cañones originados por la disección de las principales corrientes fluviales. Esta topografía es el resultado del levantamiento de la cadena Andina, la cual en su evolución, presenta una compleja historia de eventos metamórficos magmáticas, Sedimentarios y tectónicos.

La intensa actividad volcánica, los fuertes movimientos orogénicos, y la acción exógena de los agentes de intemperismo, erosión y transporte que han interactuado en la zona de estudio provocan como resultado una gran diversidad de geoformas en el municipio de Popayán, presentándose como unidades principales: laderas de montaña, colinas, piedemonte de montañas, valles aluviales y valles coluvio-aluviales

2.5.1 Vertiente Occidental de la Cordillera Central. La amplitud de esta vertiente permite la formación de cursos de agua importantes como el Río Cauca y sus afluentes principales: Hondo, Palacé y El Cofre.

Laderas de Montañas. Se encuentran formando el flanco occidental de la cordillera Central presentan formas escarpadas, abruptas y quebradas algunas

veces con afloramientos rocosos con cimas ligeramente redondeadas dependientes largas y cortas e irregulares y disecciones profundas. Las pendientes de estas geoformas oscilan entre 30 y 80%.

Las Laderas de Páramo de la Cordillera. Corresponden a las faldas del flanco Occidental de la parte alta de la cordillera Central, con relieve quebrado e irregular, pendientes variables y escarpes rocosos en sectores. El pie de las laderas del páramo tiene un relieve ondulado con Pendientes cortas e irregulares.

Montañas de Clima Medio Húmedo. Las alturas varían entre 1500 y 2000 metros, se encuentran escarpes abruptos con afloramientos rocosos, el relieve es fuertemente quebrado con cimas ligeramente redondeadas, pendientes de 12 a 75%, largas e irregulares. En algunos lugares se presentan disecciones profundas.

2.5.2 Colinas

Las Colinas de Clima Medio Húmedo. Poseen alturas entre 1500y1900 metros, se caracterizan por un relieve plano ha ondulado, pendientes rectilíneas cortas a irregulares con cimas redondeadas, pendientes medias a largas e irregulares de 25% a 75% y aún mayores.

Los Abanicos. Presentan pendientes cortas, irregulares, fragmentos de roca en la base, las formas son onduladas con disecciones poco profundas, pendientes cortas y rectilíneas.

2.5.3 Superficies Aluviales. Se presentan Terrazas de forma plana e inclinada de pendientes suaves y complejas con o sin pedregosidad en la superficie, con muy pocas disecciones.

Las Terrazas de Clima Medio Húmedo. Se ubican entre los 1500 a 1800 metros, se caracterizan por un relieve plano ha ligeramente ondulado, poco disectado de 0 a 25% de pendiente.

3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ESTUDIO

3.1 METODOLOGÍA POR COLORES

3.1.1 Identificación de las amenazas. La identificación y descripción del panorama de amenazas para el sistema de alcantarillado y los distintos sistemas de acueducto de la ciudad de Popayán se toman de diferentes reglamentos y estudios como son: El Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, los estudios realizados por La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán E.S.P,S.A, El Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio (POT), El Comité Local Para La Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD), y los registros llevados por el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán en el periodo comprendido entre enero de 2004 hasta marzo de 2011 dando como resultado las siguientes amenazas:

Cuadro 4. Amenazas adquiridas de entidades y estudios previos.

RAS 2000, sección II, título G	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán E.S.P, S.A	Comité Local para La Prevención y Atención de Desastres
Deslizamientos y subsidencias	Contaminación en la fuente	Sismos
Flujos de escombros	Sequia	Erupción volcánica
Inundaciones y avalanchas	Colapso en la estructura de captación	Vendaval
Actividad sísmica	Conflicto social	Granizada
Licuación de suelos por sismo	Incendios forestales	Movimientos en masa
Impacto de olas tsunamigénicas	Incidencia volcánica	Inundaciones
Productos volcánicos	Variabilidad climática	Incendios foréstaes
Huracanes o tormentas	Deslizamientos	Contaminación hídrica
Sequías o déficits hídricos	Sismos	Atentados terroristas
Explosiones e incendios.	Atentado dinamitero	-----
Derrames de contaminantes.	-----	-----
Problemas de orden público.	-----	-----

Fuente: Adoptada del RAS, EAAPSA, CLOPAD, POT y cuerpo de Bomberos de Popayán

La clasificación de la amenazas encontradas en el Plan de ordenamiento y del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán, están involucradas en el estudio más reciente del Comité Local para La Prevención y Atención de Desastres, por esta razón no se especificaron en la tabla anterior.

Considerando la ubicación geográfica de la ciudad y la identificación realizada en campo, se descartaron y modificaron algunas de las amenazas nombradas, con el fin de establecer las afectaciones más probables para estos sistemas, De esta manera:

Para el sistema de acueducto:

- **Naturales**
 - *Geológicas*
 - Sismos
 - Erupciones volcánicas
 - Movimientos en masa
 - *Hidrológicas*
 - Inundaciones
 - Avalanchas
 - *Climática*
 - Sequias
- **Antrópicas**
 - Contaminación hídrica
 - Deterioro y debilitamiento de estructuras
 - Atentado dinamitero
 - Abandono

Para el sistema de alcantarillado se cambió la amenaza de contaminación hídrica por flujo de residuos sólidos, ya que es una amenaza que afecta al sistema de manera significativa, además se quitó la amenaza abandono y avalanchas, en el primer caso debido a que este sistema cuenta con mejores labores de mantenimiento preventivo y correctivo que el sistema de acueducto y en el segundo con las visitas de campo se verifico que estas se encuentran ligadas o se presentan como inundaciones para este sistema, por lo que se optó por tomar esta amenaza.

3.1.2 Estimación de probabilidades. Para realizar el análisis del riesgo se tuvieron en cuenta normas y guías colombianas con el fin de desarrollar una metodología adecuada que pudiera ayudar a evaluar las magnitudes de las consecuencias de los eventos amenazantes y la probabilidad o posibilidad de que un evento se materialice. Se utilizó la Norma Técnica Colombiana 5254, la cual da un aporte muy importante, ya que su evaluación para la gestión del riesgo brinda la posibilidad de adoptar la mejor opción según la disposición de datos y el nivel de estudio que se desee.

Para lograr este propósito se realiza en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán una búsqueda abarcando todas las posibilidades con el fin de acceder a esta información. Se revisaron los comunicados de

radio que informan sobre la suspensión del servicio de agua, donde no se especifica el motivo de la suspensión, razón por la cual no se pudo hacer una relación directa con el objetivo de estudio; se trató de buscar una relación por medio del dinero destinado para reparaciones de las líneas de conducción, con el inconveniente que la empresa adquiere los materiales anualmente, dispone de ellos y del personal para las reparaciones y las actividades que se presenten en el transcurso del año, sin registrar para que se utilizó dichos materiales, solo el inventario de ellos.

Por lo anterior y debido a que la norma sugiere que el análisis se puede hacer con diferentes grados de detalle dependiendo del riesgo, del propósito del análisis, de la información, de los datos y de los recursos disponibles, recomienda tres principales tipos de análisis, el cualitativo, el cuantitativo y el semicuantitativo dependiendo de las circunstancias. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Los tipos de análisis son:

- ✓ **Análisis cualitativo:** utiliza palabras para describir las magnitudes de las consecuencias potenciales y la posibilidad de que ocurra tales consecuencias. Estas escalas se pueden adaptar o ajustar para satisfacer las circunstancias y se puede usar diferentes descripciones para los diferentes riesgos.
- ✓ **Análisis semicuantitativo:** En el análisis semicuantitativo, las escalas cualitativas, como las descritas anteriormente, se dan en valores. El objetivo es producir una escala de clasificación más amplia que la que se obtiene usualmente en el análisis cualitativo, sin sugerir valores realistas para riesgos, como se pretende en el análisis cuantitativo. Sin embargo, debido a que el valor asignado a cada descripción puede no tener una relación exacta con la magnitud real de las consecuencias o la posibilidad, los números solo se deberían combinar usando una fórmula que reconozca las limitaciones de los tipos de escalas empleadas.

Se debe tener cuidado con el uso del análisis semicuantitativo porque es posible que los números elegidos no reflejen adecuadamente las relatividades y ello puede causar resultados inconsistentes, anómalos o inapropiados. Es posible que el análisis semicuantitativo no diferencie de manera apropiada entre los riesgos, particularmente cuando las consecuencias o la posibilidad son extremas.

- ✓ **Análisis cuantitativo:** Utiliza valores numéricos (a diferencia de las escalas descriptivas usadas en los análisis cualitativo y semicuantitativo) tanto para las consecuencias como para la posibilidad, empleando datos provenientes de una variedad de fuentes. La calidad del análisis depende de la exactitud y cabalidad de los valores numéricos y de la validez de los modelos empleados. Las consecuencias se pueden determinar modelando los resultados de un evento o conjunto de eventos, o mediante la extrapolación

de estudios experimentales o datos anteriores. Las consecuencias se pueden expresar en términos de criterios de impacto monetario, técnico o humano, o cualquier otro criterio. En algunos casos, se requiere más de un valor numérico para especificar las consecuencias para diferentes momentos, lugares, grupos o situaciones. La forma en que se expresan las consecuencias y la posibilidad y la forma en que se combinan para lograr un nivel de riesgo varían según el tipo de riesgo y el propósito para el que se va a utilizar el resultado de la valoración del riesgo.

La incertidumbre y la variabilidad tanto de las consecuencias como de la posibilidad se deberían tener en cuenta en el análisis y comunicar eficazmente. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010)

De esta manera y basándose en la información disponible se decidió realizar un análisis cualitativo, para el cual se utiliza la Guía para Elaborar Planes de Emergencia y Contingencia de la Alcaldía Mayor de Bogotá, que es una herramienta de apoyo a todas las áreas encargadas de la preparación para la atención de las emergencias en las organizaciones tanto de carácter público como privado y facilita la gestión de las organizaciones en la elaboración o actualización de sus planes de emergencia y contingencias constituyéndose como un documento de referencia para que sus integrantes conozcan y apliquen las acciones necesarias para minimizar los riesgos y reducir las pérdidas que ocasionan este tipo de emergencias. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Dentro de esta guía se encuentran los pasos básicos para diseñar el plan de contingencia, entre ellos la identificación y análisis de los riesgos donde se plantean diferentes metodologías cuya aplicabilidad depende de la disponibilidad de información y del nivel de detalle deseado, como son:

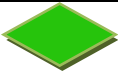
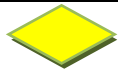
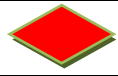
- a) Metodología de Colores.
- b) Análisis preliminar de riesgos basado en la metodología APELL.
- c) Método semicuantitativo GHA.

Teniendo en cuenta las condiciones del sistema de alcantarillado y de las líneas de conducción de los tres acueductos de la Empresa, se decidió utilizar la metodología de análisis de riesgos por colores, que de una forma cualitativa permite desarrollar el análisis de amenaza y vulnerabilidad a personas, recursos y sistemas y procesos (componentes), con el fin de determinar el nivel de riesgo a través de la combinación de las variables anteriores con códigos de colores. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Las amenazas se califican por la probabilidad de ocurrencia y por medio del comportamiento los cuales se llevan en un formato (Cuadro 13). El que define en la primera columna las amenazas naturales y antrópicas, en la segunda columna se determinan los estudios que se tendrán en cuenta para disminuir el grado de subjetividad, en la cuarta columna se da la calificación del evento y por último se asigna el color.

En el estudio se analiza como son los detonantes para estas amenazas, tratando de filtrar al máximo la información para generar una calificación certera.

Cuadro 5. Calificación de amenazas por la Metodología de Colores

Evento	Comportamiento	Color
Posible	Es aquel fenómeno que puede suceder o que es factible por que no existen razones históricas y científicas para decir que no sucederá	
Probable	Aquel fenómeno esperado del cual existen razones y argumentos técnicos, científicos para creer que sucederá	
Inminente	Es aquel fenómeno esperado que tiene alta probabilidad de ocurrir	

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia (Alcaldía mayor de Bogotá)

Como se mencionó anteriormente para la calificación de las amenazas se debe determinar su comportamiento, por lo que se realiza un análisis por amenaza y por sistema teniendo en cuenta bases teóricas existentes que permitan disminuir el grado de subjetividad.

3.1.3 Análisis de la vulnerabilidad. El análisis de vulnerabilidad se realiza para evaluar la capacidad de la empresa de anticipar resistir y recuperarse ante la manifestación de las amenazas anteriormente identificadas, además de evaluar los procedimientos necesarios para movilizar con agilidad y eficacia los recursos existentes en la empresa.

Para llevar a cabo dicha evaluación se analizan tres elementos expuestos (personas, recursos y componentes). Los elementos personas y recursos se evaluarán en forma general considerando que deben estar disponibles para la atención sin distinción de la amenaza.

1. Personas

- Organización
- Capacitación
- Dotación

2. Recursos

- Materiales
- Equipos
- Presupuesto

3. Componentes

- Bocatoma
- Aducción

- Conducción

Para cada uno de los aspectos se desarrolla el formato (Cuadro 6), que a través de preguntas basadas en la información recolectada buscan de manera cualitativa dar un panorama general que permita calificar como mala, regular o buena la vulnerabilidad de los elementos expuestos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán ante cada una de las amenazas identificadas, teniendo en cuenta que los parámetros de observación ante los interrogantes son:

SI: cuando existe o tiene un nivel bueno.

NO: cuando no existe o tiene un nivel deficiente.

Parcial: cuando la implementación no está terminada o tiene un nivel regular.

En la primera columna se realizan las preguntas que van a orientar la calificación final para cada uno de los elementos propuestos, en la segunda columna se da la calificación descrita anteriormente. Así:

Cuadro 6. Formato para el análisis de vulnerabilidad

Elementos expuestos	Observación
1. Personas	
1.1 Organización	
¿?	Parcial/ Si/ No

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Con los tres formatos desarrollados se tiene un panorama general del estado de cada sistema y por tanto se procede a desarrollar otro formato el cual compila todas las variables y permite calificarlas de acuerdo con:

Cuadro 7. Calificación de las variables

Valor	Interpretación
0,0	Cuando se dispone de los elementos, recursos, cuando se realizan los procedimientos, entre otros.
0,5	Cuando se dispone de los elementos, recursos o cuando se realizan los procedimientos de manera parcial, entre otros.
1,0	Cuando se carece de los elementos, recursos, cuando no se realizan los procedimientos, entre otros.

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Una vez calificadas todas las variables, se realiza una sumatoria de los tres aspectos que contempla cada elemento considerado es decir, para el elemento Personas se debe sumar la calificación dada a los aspectos de organización, capacitación y dotación, para el elemento Recurso se debe sumar la calificación dada a los aspectos de materiales, equipos y presupuesto, para el elemento Componentes se debe sumar la calificación dada a la bocatoma, aducción, y conducción (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Cuadro 8. Calificación de la vulnerabilidad

Rango	Calificación	Color
0.0 – 1.0	Baja	Verde
1.1 – 2.0	Media	Amarillo
2.1 – 3.0	Alta	Rojo

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Luego se organiza la información en un formato que compila toda la información. Cuadro 9 donde en la primera columna contiene cada uno de los elementos expuestos a calificar.

Para la segunda columna se consideran las respuestas de las preguntas realizadas Cuadro 6, es decir se analiza cada pregunta realizada observando la predominancia de la calificación (Parcial/No/Si) para generar de una manera cualitativa un panorama de la situación de la empresa, y así calificar como buena, mala o regular este comportamiento para las personas, recursos y componentes, en la tercera columna se registra la calificación de las variables obtenidas con el Cuadro 7, las cuales se totalizan y se califica la vulnerabilidad con el Cuadro 8. En la quinta columna se aclara el porqué de la calificación y por último se asigna el rombo de color según la calificación de la vulnerabilidad.

Cuadro 9. Análisis de la vulnerabilidad

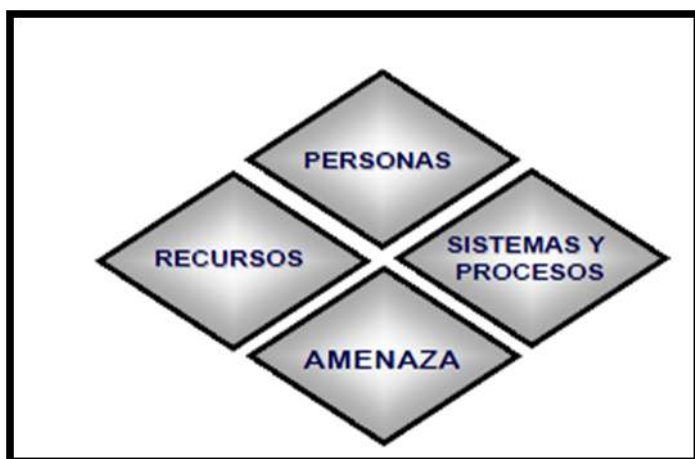
Aspectos vulnerables a calificar	Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
	Bueno	Regular	Malo			
Personas						
Organización						
Capacitación						
Dotación						
Subtotal						
Recursos						
Materiales						
Equipos						
Recursos						
Subtotal						
Componentes del sistema						
Subtotal						

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

El dato final que se debe incluir en la calificación del nivel de riesgo es el color del rombo, que indica la calificación de vulnerabilidad para cada elemento analizado, es decir, personas, recursos y componentes, frente a cada amenaza identificada. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010)

3.1.4 Nivel de riesgo. Una vez identificadas, descritas y analizadas las amenazas y para cada una desarrollado el análisis de vulnerabilidad a personas, recursos y componentes (sistemas) se procede a determinar el nivel de riesgo que para esta metodología es la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad utilizando la teoría del diamante de riesgo que se describe a continuación






Figura 4. Diamante de riesgo



Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Con el fin de analizar el valor del riesgo se desarrolla un formato, cuadro 11, donde su primera columna describe las amenazas identificadas, en la segunda se forma el diamante de riesgo formado por el color a cada rombo que corresponde a la amenaza y las vulnerabilidades a personas, recursos y sistemas o componentes valoradas para cada amenaza de forma específica y en la tercera columna se interpretan la mezcla de los cuatro colores dando como resultado el nivel de riesgo. Cuadro 10.


Cuadro 10. Calificación del nivel de riesgo

Sumatoria de rombos	Calificación
3 ó 4 	Alto
1 ó 2 	Medio
3 ó 4 	
0 	Bajo
1 ó 2 	

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Como se mencionó anteriormente para obtener el nivel del riesgo se realiza un formato, cuadro 11, de la siguiente manera:

Cuadro 11. Nivel de riesgo

Amenaza	Diamante de riesgo	Interpretación
Movimiento sísmico		Medio

Fuente: Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. (Alcaldía mayor de Bogotá)

Una vez se identifica el nivel del riesgo para el sistema de alcantarillado y las líneas de conducción de los acueductos de la ciudad, para cada componente y por cada amenaza presente, se determina cuáles son los puntos que requieren especial cuidado, para asignar las contingencias o labores preventivas y de mitigación prioritarias, además de establecer los planes que la empresa debe reforzar o crear para estos aspectos identificados.

3.1.5 Influencia de los fenómenos El Niño y La Niña. El fenómeno “EL Niño Oscilación Sur” (ENOS) es un evento natural que se da como resultado de la interacción entre el océano y la atmosfera en la región del océano pacifico ecuatorial, que ocurre en escalas de tiempo que van desde meses a varios años. Su componente oceánica es “El Niño” calentamiento anómalo de las aguas superficiales del centro y el este del pacifico tropical, que producen una profundización de la termoclina del océano (gradiente térmico entre las aguas superficiales más cálidas y las más frías a mayores profundidades), asociado con el debilitamiento de los vientos alisios al este. La componente atmosférica se conoce con el nombre de Oscilación sur (Southern Oscillation, SO), onda estacionaria en la masa atmosférica que produce un gradiente de presión entre el oeste y este del pacifico ecuatorial. Generalmente un centro de alta presión se localiza en Tahití (18° LS, 150° LW), mientras que otro de baja presión se localiza en Indonesia y norte de Australia (Darwin, 12°LS, 130° LE); este gradiente de presiones atmosféricas se representa comúnmente con el índice de oscilación sur (SOI) definido como la diferencia estandarizada de las presiones atmosféricas de ambos sitios.

El ENOS en su fase extrema cálida es un fenómeno cuasiperiódico con una recurrencia promedio de 4 años que varía entre 2 y 7 años. Las anomalías negativas del SOI están asociadas con El Niño y las positivas con La Niña. En el caso de Colombia, en la fase cálida se asocia con sequias, ya que se presenta disminución de lluvias y de la humedad del suelo, reducción de la evapotranspiración y menor disponibilidad hídrica para la convección atmosférica que produce la precipitación (Carvajal, 1999)

La Niña se manifiesta entre otras variables, por un enfriamiento de las aguas del Océano Pacífico Tropical central y oriental frente a las costas del Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este fenómeno causa efectos contrarios a los que presenta “El Niño”, mientras que “El Niño” reduce las precipitaciones, “La Niña” favorece el incremento de las mismas en gran parte del país en particular sobre las regiones Caribe y Andina. Comienza su formación desde mediados de año con un enfriamiento de las aguas del océano Pacífico tropical como uno de los indicadores oceánicos; como también un incremento de los vientos Alisios del este, que propicia un descenso del nivel del mar sobre la zona oriental. La Niña alcanza su intensidad máxima a finales de año, cuando se acoplan todos los parámetros mencionados, junto con otras variables océano-atmosféricas propias de este evento climático; y tiende a disiparse a mediados del año siguiente. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011)

Para analizar las afectaciones que trae la ocurrencia de estos fenómenos a los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado se dividirán en dos grupos las amenazas identificadas dependiendo de sus características y de la información disponible. Ya que los fenómenos El Niño y La Niña tienen una influencia directa sobre aquellos detonantes de tipo hidrometeorológico se analiza, primero cuando los detonantes se relacionan directamente con los efectos de los fenómenos y segundo cuando los eventos causan alteraciones en las condiciones de las zonas, en otras palabras cuando se ve afectada la vulnerabilidad del sistema que hacen que el evento sea más severo al coincidir con su ocurrencia.

3.1.6 Medidas y planes de mejoramiento. Una vez se determina el nivel de riesgo y se evidencia cuál de las amenazas predomina en cada sistema se formularan medidas preventivas y correctivas, las cuales pueden ser constructivas y administrativas con el fin de que la empresa disminuya el grado de vulnerabilidad ante cada amenaza, por medio de formatos instructivos en los cuales se recopila y organiza las acciones tanto de comités especiales para la prevención y atención de emergencias como de los responsables para realizar dichas acciones o labores, así como planes de acción ante cada una de las amenazas.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA POR COLORES

4.1 SISTEMA TABLAZO

4.1.1 Identificación de las amenazas. Se realizó con base en estudios desarrollados para el municipio de Popayán, además de criterios teóricos y profesionales que sugieren amenazas para estos sistemas. Al contrastarse esta información con las salidas de campo se obtuvieron las siguientes:

Cuadro 12. Amenazas del sistema de conducción de agua cruda, bocatoma río Piedras-planta de tratamiento Tablazo

Amenaza		Identificadas en campo	Adoptadas por criterio
Naturales	Geológicas	Sismos	X
		Erupciones volcánicas	X
		Movimientos en masa	X
	Hidrología	Inundaciones	X
		Avalanchas	X
	Climáticas	Sequias	X
Antrópicas	Contaminación Hídrica		X
	Deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos		X
	Atentado dinamitero		X
	Abandono		X

Fuente: Propia del estudio

4.1.2 Estimación de la probabilidad. La calificación de las amenazas se determina por su comportamiento (cuadro 5.), por lo que se realiza un análisis por amenaza y por sistema teniendo en cuenta bases teóricas existentes que permitan disminuir el grado de subjetividad, así:

Cuadro 13. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Tablazo

Amenaza	Fuente de riesgo	Calificación	Color
Natural			
Sismo	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de microzonificación sísmica de Popayán Estudio de las fallas geológicas de Popayán 	Probable	
Erupciones volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> Área de influencia de los volcanes cercanos a la zona de estudio. 	Posible	
Movimientos en masa	<ul style="list-style-type: none"> Los deslizamientos identificados en las salidas de campo. Mapa de pendientes del municipio (Corporación Autónoma Regional del Cauca) 	Inminente	
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales por el Método Gráfico con la formula empírica de Weibull Análisis de las curvas de gastos 	Inminente	
Avalanchas	<ul style="list-style-type: none"> Análisis del estudio de deslizamientos aguas arriba de la bocatoma. Registros de avalanchas documentados por la empresa 	Inminente	
Sequias	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales por el método gráfico con la formula empírica de Weibull 	Inminente	
Antrópicas			
Contaminación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> Análisis del reconocimiento de puntos críticos hecho en campo. 	Probable	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento hecho en campo Características técnicas de la tubería. 	Probable	
Atentado dinamitero	<ul style="list-style-type: none"> Registro de atentados ocurridos en la zona. Situación del orden público. 	Posible	
Abandono	<ul style="list-style-type: none"> Periodos de mantenimiento o limpiezas a las zonas Problemas de mantenimiento observados durante las salidas de campo 	Probable	

Fuente: propia del estudio

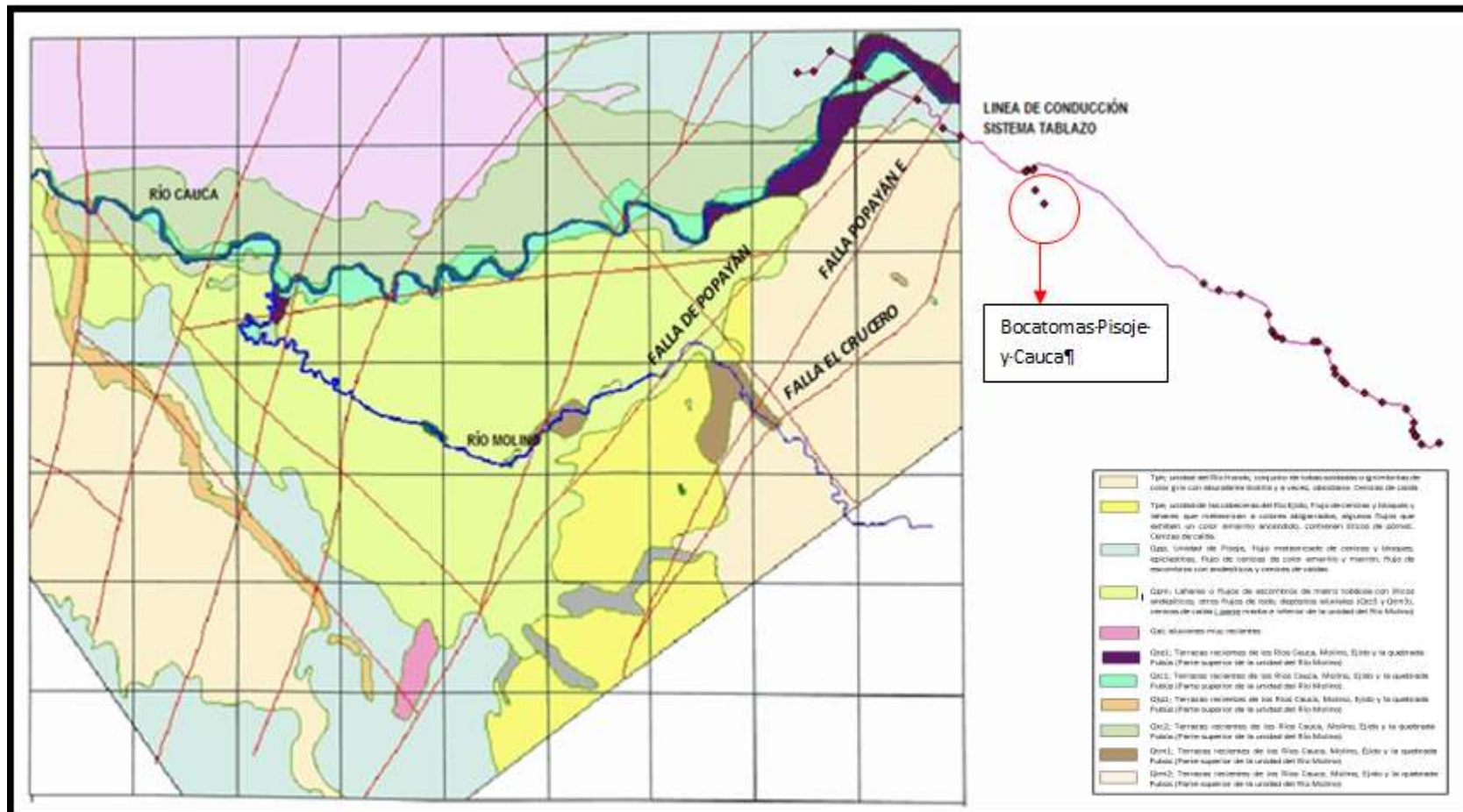
❖ Fuente de riesgo

Sismos. Para determinar el grado de amenaza por sismos en la línea de conducción se recurre al estudio de Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, donde se encuentra información fundamental de las fallas geológicas y los tipos de suelo de la ciudad.

Los mapas geológicos y de microzonificación de la ciudad de Popayán se encuentran a una escala 1:25.000, mientras que el estudio, es decir, el trazado de la línea de conducción del sistema se encuentra a escala 1:1, por lo tanto el nivel requerido de detalle no es el ideal; pero es suficiente para identificar la existencia de la amenaza, además, evidencia la importancia de realizar estudios detallados de las zonas específicas de los sistemas.

Con el fin de digitalizar y georeferenciar los mapas encontrados en dicho estudio se recurre al software ARCGIS donde se sobrepone el sistema, de modo que sea posible identificar los puntos amenazantes.

Figura 5. Mapa geológico de Popayán con la línea de conducción del sistema Tablazo



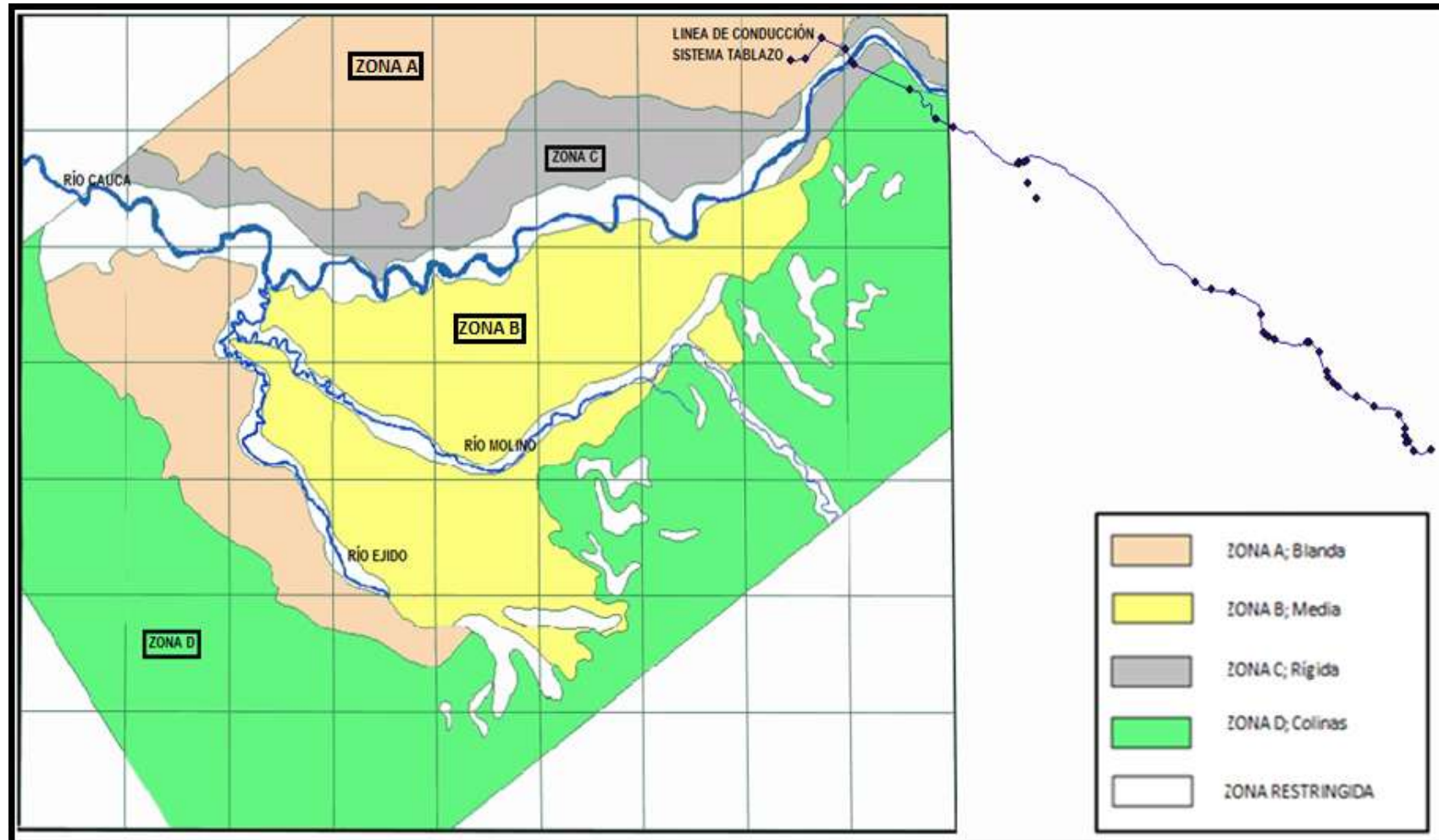
Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa del estudio de Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, INGEOMINAS).

El estudio de microzonificación fue realizado para la zona urbana de Popayán, por lo tanto solo 2, 04 Km de la línea de conducción a partir de la planta de tratamiento son comprendidos por este, de la parte restante no existe estudio que permita llevar a cabo esta identificación representando una mayor amenaza debido a la incertidumbre que se tiene.

En la Figura 5 se puede apreciar que la línea de conducción atraviesa las fallas Popayán y Popayán E, lo que indica una gran amenaza ya que estas presentan actividad moderada, es decir van acumulando energía en su interior a través del tiempo hasta desencadenarse en un evento sísmico. Además la amenaza se incrementa porque las fuentes alternas se encuentran fuera del área del mapa.

En cuanto a las características del suelo que atraviesa la línea de conducción evidenciados en el mapa de microzonificación Figura 6. (Anexo A. Resumen de las características de microzonificación del tramo de la línea de conducción del sistema Tablazo).

Figura 6. Mapa de microzonificación de Popayán con la línea de conducción del sistema Tablazo



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa del estudio de Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, INGEOMINAS).

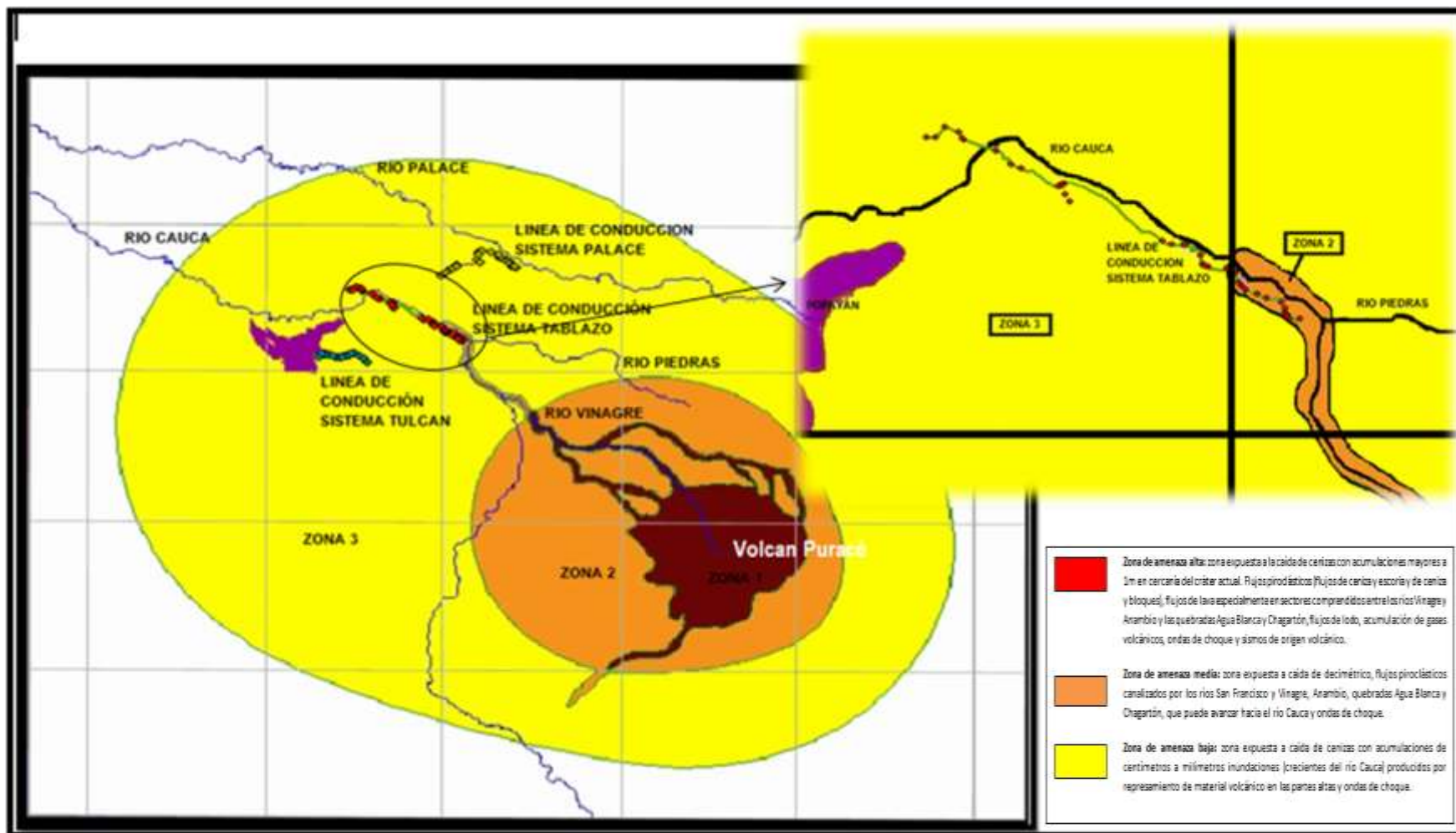
La zona A y la zona restringida, representan una mayor amenaza para los tramos de la línea de conducción debido a que son suelos blandos cubiertos por depósitos sedimentarios geológicamente recientes, acumulados sobre la planicie. Tienen la característica de que las ondas sísmicas presentan una menor longitud y mayor amplitud, causando una mayor agitación de la superficie del suelo. Mientras que la zona D está conformada por zonas circundantes de colinas (ignimbritas antiguas) con nivel freático mayor a las zonas A, B y C en las cuales se encuentra a 1.4m de profundidad, y la zona C son suelos blandos de poco espesor sobre estratos duros conformados por aluviones cercanos al río Cauca. De la zona D y C se sabe que su respuesta ante los sismos es mejor, ya que la longitud de la onda sísmica es mayor que la amplitud causando un movimiento más leve en la superficie que las anteriores.

Por estas razones este evento se califica como **probable** ya que es un fenómeno esperado del cual existen razones y argumentos técnicos científicos para creer que sucederá como lo indica la metodología adoptada.

Erupciones Volcánicas. Con el fin de realizar esta evaluación se tiene en cuenta la cadena volcánica de los Coconucos, ubicada en el departamento del Cauca con límites en el departamento del Huila, conformada por: Puracé, Piocollo, Curiqinga, Calambás, Paletará, Quintín, Shaka, Killa, Machángara, Pukará y Pan de Azúcar así como dos conos adventicios Piki y Amancay y otros en la región de Paletará, de los cuales se analizarán solo los que presentan actividad, en este caso Puracé y Sotará. (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), 1999)

Los volcanes Puracé y el Sotará se encuentran activos y con comportamiento estable, es decir que el volcán está en un estado base que se caracteriza por un periodo de reposo o quietud o registra actividad sísmica, fumarólica u otras manifestaciones de actividad en la superficie que afectan fundamentalmente las zonas inmediatas al centro de emisión (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), 1999). Solo el volcán Puracé tiene registro histórico de erupciones por lo tanto para el estudio se evaluará su área de influencia

Figura 7. Área de influencia del volcán Puracé, con las líneas de conducción del sistema Tablazo



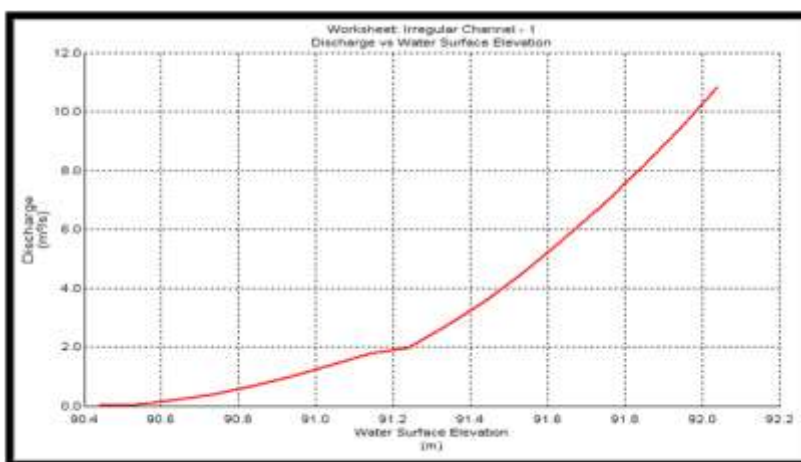
Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa influencia del volcán Puracé, INGEOMINAS).

Ya que aproximadamente 1,87 km de la línea de conducción desde la bocatoma se encuentran en la zona 2, de amenaza media, donde se presenta caída de cenizas y flujos de lodo con acumulaciones de orden disimétrico, flujos piroclásticos canalizados por los ríos san Francisco y Vinagre, Anambio, quebradas Agua Blanca y Chagartón que pueden avanzar hacia el río Cauca y ondas de choque (ATLAS), es posible que al presentarse este evento y debido a la cercanía del sistema con el cauce del río Cauca se desencadenen otros eventos amenazantes como represamientos y avalanchas que afecten al sistema. Por tanto de acuerdo a la metodología adoptada este evento se califica como **posible** ya que puede suceder o es factible que suceda por que no existen razones históricas y científicas para decir que no sucederá.

Inundaciones. Para determinar la probabilidad de las inundaciones en el sistema de conducción de los acueductos, se requiere establecer el caudal máximo que soporta la estructura de captación. Debido a que los registros de los caudales de la fuente son medidos en la estación de Puente Carretera ubicada aguas arriba de la bocatoma aproximadamente a 1Km, fue necesario construir la curva de gastos con ayuda del programa FLOWMASTER versión académica de Haestad el cual requiere el abcisado de la sección, la pendiente y el coeficiente de Manning; empleando el Plano Bocatoma río Piedras, donde se encuentra la sección transversal y longitudinal de la bocatoma con sus respectivas cotas permitiendo el acceso a los datos.

Al analizar estos resultados se obtiene el caudal mínimo con el que se presenta una inundación (11,7 m³/s) que corresponde al caudal determinado con la cota superior de la estructura de captación (10,8208 m³/s) más la cantidad de agua que se capta (0,9m³/s). Los valores con los que se realizó esta figura se presentan en el Anexo B.

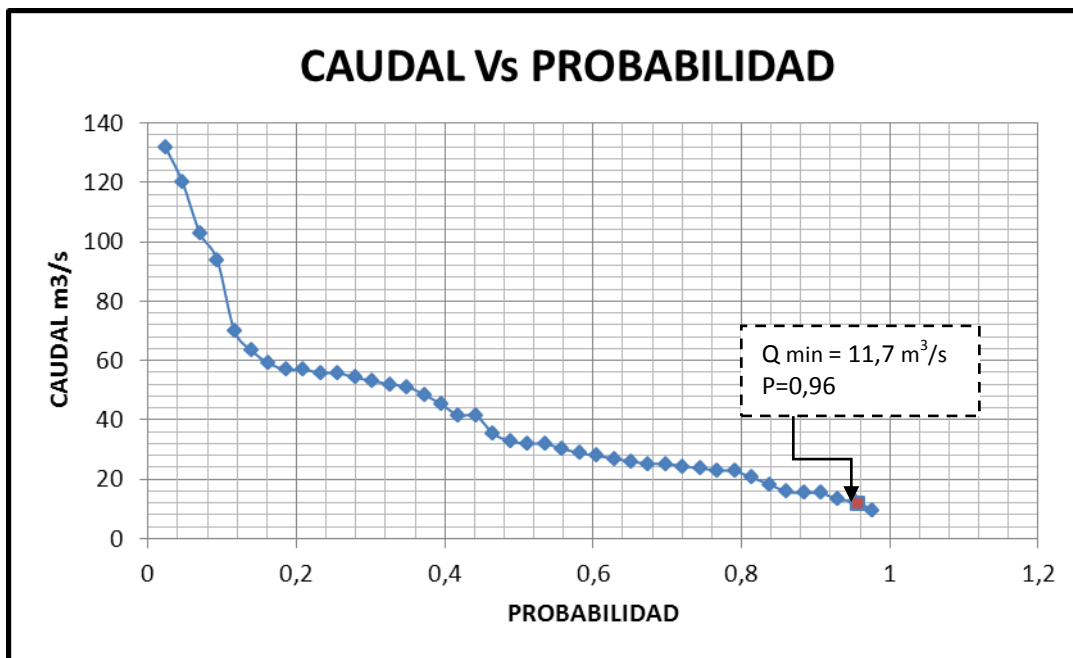
Figura 8. Curva de gastos para la sección de bocatoma del sistema Tablazo



Fuente: Propia del estudio.

Con el registro histórico de los caudales máximos anuales se hace uso del Método Gráfico utilizando la fórmula empírica de Weibull para determinar el tiempo de retorno y la probabilidad de excedencia.

Figura 9. Determinación de la probabilidad del caudal mínimo de inundación en la bocatoma del sistema Tablazo



Fuente: Propia del estudio.

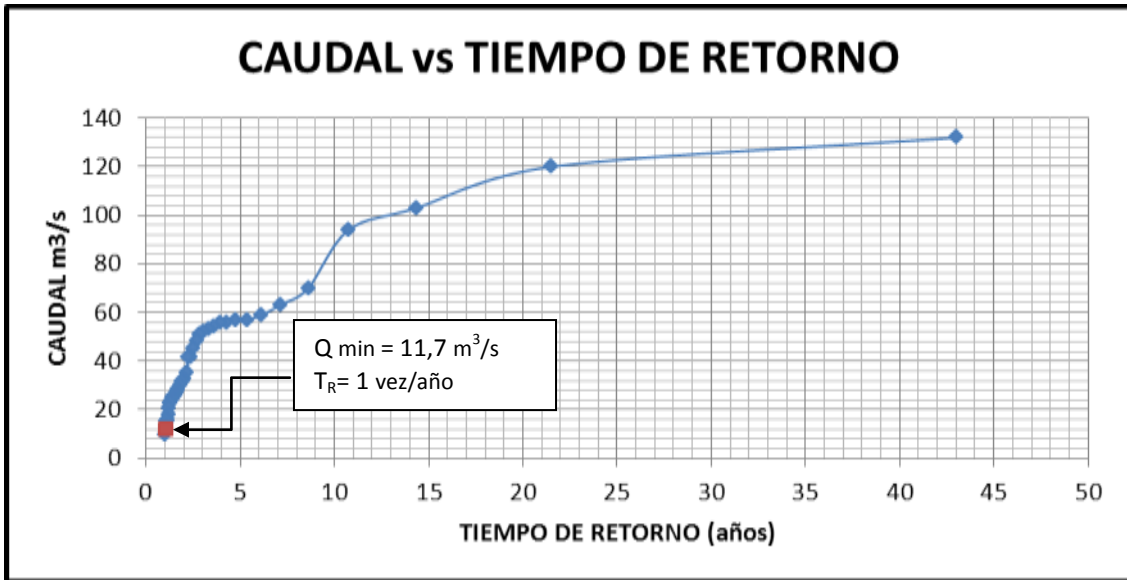
Existen diferentes métodos que permiten determinar la probabilidad de ocurrencia de eventos de interés, los cuales necesitan de datos que deben ser significativos, adecuados y precisos (González Muñoz, Hidrología, 2008), como son los datos de los caudales de la estación Puente Carretera del IDEAM, los cuales son empleados para obtener la probabilidad de excedencia de cada caudal.

Una vez se calculó el caudal mínimo de inundación se pudo determinar la probabilidad de excedencia de este. En la Figura 9 la magnitud de los caudales históricos es inversamente proporcional a la probabilidad, indicando que el valor del caudal obtenido de la curva de gastos 11,7 m³/s tiene una probabilidad de excedencia del 96%. Con estos resultados se puede corroborar la información obtenida en entrevistas a los funcionarios de la empresa afirmando que este evento se ha presentado y tiene un alto grado de ocurrencia.

El análisis de frecuencia relaciona la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el empleo de distribuciones de probabilidad (González Muñoz, Hidrología, 2008), es decir, que una vez determinada la probabilidad de excedencia se establece el tiempo en años en que la magnitud del evento es igualada o excedida una vez en promedio, en la Figura 5. Por lo

tanto se puede calificar el comportamiento del evento como **inminente** ya que se espera que ocurra por lo menos una vez en promedio cada año.

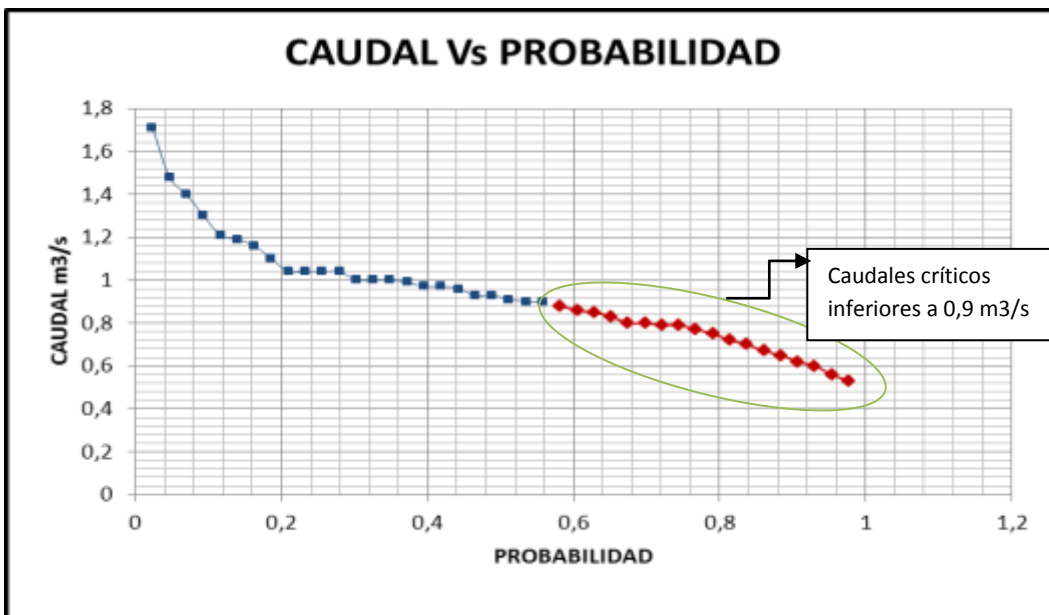
Figura 10. Determinación tiempo de retorno del caudal mínimo de inundación en la bocatoma del sistema Tablazo



Fuente: Propia del estudio.

Sequías

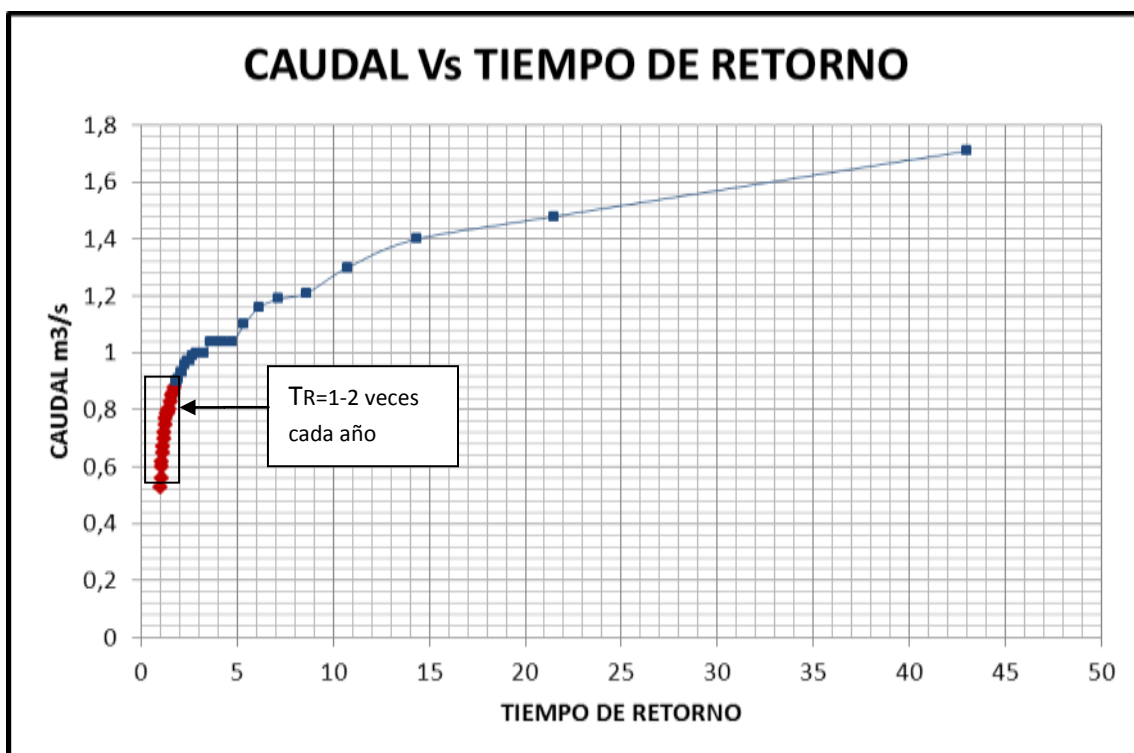
Figura 11. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Tablazo.



Fuente: Propia del estudio.

Ya que la bocatoma tiene capacidad para $0,9\text{m}^3/\text{s}$, se consideran críticos los caudales con valores inferiores, debido a que al presentarse esta situación para garantizar la oferta de agua se requiere de fuentes alternas como Pisojé y Cauca (Ver Figura 11). En las épocas de estiaje el caudal es inversamente proporcional a la probabilidad, encontrando un rango de probabilidad entre 0,58 - 0,98, para un tiempo de retorno de 1 a 2 años (Ver Figura 12.), calificando el comportamiento de este evento como **inminente**.

Figura 12. Determinación del tiempo de retorno de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Tablazo



Fuente: Propia del estudio.

Avalanchas. Con base en el estudio de deslizamientos realizado para la zona aguas arriba de la bocatoma se identificaron tres eventos de magnitud considerable sucedidos en noviembre de 2008, enero de 2009 y octubre de 2010 los cuales desencadenaron empalizadas, permitiendo evidenciar que este evento se presenta por lo menos una vez al año produciendo daños en la bocatoma y suspensión en el servicio, por lo tanto se puede afirmar que tiene alta probabilidad de ocurrencia y se establece la calificación para el comportamiento según la metodología como **inminente**.

Movimientos en masa. El análisis de este punto consiste en la integración de la información cartográfica sobre las pendientes del municipio de Popayán suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Cauca y los eventos

ocurridos en el área de estudio identificados en las distintas visitas de campo Anexo C, como también las entrevistas realizadas a los funcionarios de la empresa.

Con el mapa de pendientes del municipio y con la ayuda del programa ARCGIS se identifica el tipo de relieve y el rango de pendiente, encontrando que la línea de conducción presenta un relieve *fuertemente ondulado*, dato que se obtiene realizando la ponderación de las pendientes pues los tramos de la línea de conducción presentan diferentes relieves por la topografía de la zona, obteniendo un valor de pendiente de 17,7 grados. Ya que la forma del relieve determina la ocurrencia o no del fenómeno, esto es, en los relieves planos o ligeramente ondulados no se producen deslizamientos tan frecuentes y severos como se producen en relieves ondulados, fuertemente ondulados, quebrados y escarpados. En relación con las pendientes, las suaves (0-10grados) no favorecen su ocurrencia, siendo más susceptibles a partir de los 10 grados y alcanza su valor máximo de susceptibilidad a partir de los 30 grados. (Rosabal Domínguez & Zapata Balanque)

Cuadro 14. Clasificación de los rangos de pendientes del municipio de Popayán

Rango de pendiente	Relieve
0-3	Plano
3-7	Ligeramente ondulado
7-12	Ondulado
12-25	Fuertemente ondulado
25-50	Quebrado
50-75	Escarpado

Fuente: Mapa de pendientes del Municipio de Popayán CRC

Además con las visitas realizadas se identificaron puntos en el sistema que predominan en la conducción en las siguientes coordenadas planas:

Cuadro 15. Coordenadas deslizamientos línea de conducción del sistema Tablazo

Deslizamiento	Ubicación (coordenadas)	
	W	N
Partiendo de la bocatoma, en la línea de conducción se registra un movimiento en masa de tierra provocado por las fuertes lluvias además de la inestabilidad del terreno (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,525413	2,448887
Sobre la conducción de la línea, provocado por las intensas lluvias y la inestabilidad del terreno (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,529113	2,450249
Generado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la conducción de la línea, la falta de drenaje de la zona debilita el terreno generando el deslizamiento de tierra y rocas de tamaño moderado(Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,530761	2,451058

Cuadro 15 (Continuación)

Deslizamiento	Ubicación (coordenadas)	
	W	N
Provocado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la línea de conducción, a la falta de drenaje del terreno y a la inestabilidad del talud. Se observa el debilitamiento de la estructura que protege la línea de conducción del agua del paso de la quebrada (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,531197	2,451433
Este deslizamiento no es muy severo, la conducción de la línea de agua cruda no se ve directamente afectada por la este (Anexo C. Registro fotográfico amenazas sistema Tablazo)	76,531651	2,451861
Provocado por las intensas lluvias generando sobrepeso en la línea de conducción que se encuentra a 1,50 m de profundidad (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,531768	2,452241
Generado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la conducción de la línea, la falta de drenaje de la zona debilita el terreno generando el deslizamiento de tierra y rocas de tamaño moderado. (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,533294	2,454516
Generado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la conducción de la línea, la falta de drenaje de la zona debilita el terreno generando el deslizamiento de tierra y rocas de tamaño moderado. (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,53354	2,454552
Deslizamiento de tierra que genera sobrepeso en la línea de conducción que se encuentra a 1,50 m de profundidad, la vulnerabilidad es alta ya que este punto está cerca a la orilla del Rio Cauca, donde se puede generar un desprendimiento del terreno que se podría llevar la línea de conducción. (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,536359	2,454777
Deslizamiento provocado por las intensas lluvias generando sobrepeso en la línea de conducción que se encuentra a 1,50 m de profundidad (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,5372	2,455177
Generado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la conducción de la línea, la falta de drenaje de la zona debilita el terreno generando el deslizamiento de tierra y rocas de tamaño moderado (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,537294	2,455352
Generado por la creciente de una quebrada ubicada transversalmente a la conducción de la línea, la falta de drenaje de la zona debilita el talud generando el deslizamiento de tierra y rocas de tamaño moderado. (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,541902	2,458722
Se encuentra socavación de la banca en la orilla del Rio Cauca, donde la conducción de la línea del agua cruda, se puede ver afectada debido a que se encuentra aproximadamente a 1 m de distancia de esta (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,543326	2,459242
Se encuentra socavación de la banca en la orilla del Rio Cauca, donde la conducción de la línea del agua cruda, se puede ver afectada debido a que se encuentra aproximadamente a 1 m de distancia de esta. (Anexo C. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tablazo)	76,532417	2,453759

Fuente: Propia del estudio.

Es así como se determina que el comportamiento de este evento para el sistema Tablazo según la metodología empleada es **Inminente**.

Contaminación hídrica. Para establecer la evaluación de esta amenaza se analiza fundamentalmente la cercanía de las poblaciones o comunidades a puntos críticos de la línea de conducción, donde se pueda generar cualquier clase de contaminación, en segundo lugar se analiza el acceso que tienen las

comunidades a estos puntos. Para cumplir con este fin se realiza la identificación en campo de la línea teniendo en cuenta entrevistas realizadas a los residentes, los trabajadores de la empresa y principalmente al bocatomero del sistema.

Figura 13. Cámara de quiebre en la vereda Paraíso



Fuente: Propia del estudio.

En el recorrido de campo se identificó una cámara de quiebre ubicada en la vereda el Paraíso con coordenadas N 2,472051, W-76,56616, la cual se encuentra aislada con una estructura de concreto y malla, pero al tener comunidad cercana y poca vigilancia el candado ha sido violentado y la recamara es destapada con el fin de acceder al agua para refrescarse y para las fiestas de Pubenza, como lo relataron los residentes de la zona. Analizando estos factores y ya que este tipo de evento se registró en el pasado, el comportamiento se califica como **probable**.

Deterioro y debilitamiento de estructuras. Para evaluar este evento se tendrá en cuenta las características propias de la estructura y la situación observada en la salida de campo, teniendo como punto base que el sistema tiene aproximadamente 45 años de funcionamiento.

Cuadro 16. Descripción de los componentes del sistema Tablazo afectados por el deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos

Tramo		Longitud km	Descripción
Aducción	Bocatoma río Piedras a desarenador	0,23	Es un canal en concreto donde se observa que algunas tapas se encuentran deterioradas

Cuadro 16 (Continuación)

Tramo		Longitud km	Descripción
Conducción	Desarenador río Piedras a bocatoma del río Cauca	3,2	Tubería en asbesto cemento de 24" clase 15.
	Bocatoma río Cauca a vereda Pisojé alto	1,8	Canal en concreto armado.
	Pisojé alto a planta de tratamiento	2,7	Tres tuberías paralelas: 16" y 18" en cilindro de acero con revestimiento interior de mortero y exterior en concreto reforzado y una de 20" en asbesto cemento, las cuales presentan deterioro en uniones y estructuras de soporte

Fuente: Propia del estudio.

Al encontrarse deteriorados los componentes, se determina que el sistema no tiene la misma capacidad de respuesta ante los esfuerzos a los que se encuentra sometido en su normal funcionamiento, en comparación a una infraestructura en óptimo estado, situación que puede alterar su estabilidad estructural, por lo tanto existen razones y argumentos técnicos que permiten calificar el comportamiento para este evento como **probable**.

Atentado dinamitero. Para asignar el comportamiento a esta amenaza, se tiene en cuenta las partes de la tubería que se encuentran expuestas y los antecedentes que se tienen en la Empresa. En el recorrido de campo se identificaron los siguientes puntos o tramos:

Cuadro 17. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema tablazo.

Tramo		Coordenadas	
		N	W
Viaducto (paso del río Cauca)	Inicio	76.524856	2.447192
	Final	76.524813	2.447807
Bocatoma río cauca		76.537545	2.45673
Desarenador Cauca		76.539999	2.458446
Vereda Pisojé alto	Inicio	76.558338	2.468619
	Final	76.558829	2.468519
Bocatoma río Pisojé		76.557317	2.465842
Desarenador Pisojé		76.558022	2.467019

Cuadro 17 (Continuación)

Tramo		Coordenadas	
		N	W
Vereda Paraíso	Inicio	76.564619	2.471417
	Final	76.56616	2.472051
Viaducto Conjunto Quintas de José Miguel (parte trasera)	Inicio	76.573313	2.476312
	final	76.573613	2.47647
Florida I hasta la parte posterior de la Posada Del Rancho		76.573613	2.47647
		76.574077	2.477487

Fuente: Propia del estudio

Algunos funcionarios de la empresa manifiestan que en septiembre de 2002 se presentó este evento, aunque no se tiene detalles del hecho, se sabe que estaba dirigido para la estación eléctrica Florida II ubicada muy cerca a la bocatoma, hecho que no alcanzo a afectar los componentes del sistema. Por estas razones y aplicando los parámetro de la metodología adoptada, el evento se califica como **posible**.

Abandono. Con la finalidad que la empresa mejore sus programas de mantenimiento se plantea la evaluación de este evento, ya que se identificaron algunas estructuras de las líneas de conducción y terrenos aledaños en abandono, además cuando se realizaron las primeras visitas a la zona se identificaron daños leves, los cuales se intensificaron con el paso del tiempo. Para confirmar esta situación y determinar cómo y cuáles son las labores de mantenimiento que se realizan para garantizar el funcionamiento adecuado del servicio, se realizaron entrevistas al jefe de producción y al bocatomo del sistema, encontrando que la empresa no cuenta con planes de mantenimiento preventivo, aumentando la probabilidad de que un evento de cualquier tipo amplifique su efecto.

Figura 14. Tubería perforada tramo desarenador Piedras-captación Cauca



Fuente: Propia del estudio, tomada en agosto de 2010.

Figura 15. Tubería perforada tramo desarenador Piedras – captación Cauca



Fuente: Propia del estudio, tomada en junio de 2011

Otro punto a tener en cuenta es el atraso de las labores de atención ante la materialización de cualquier amenaza, situación que aumenta la magnitud del evento generando pérdidas para la empresa y mayores períodos de suspensión del servicio, por lo tanto este evento se califica en la metodología de colores como **probable**, ya que es un fenómeno esperado del cual existen razones y argumentos técnicos para creer que sucederá.

4.1.3 Análisis de vulnerabilidad. A través de preguntas formuladas en esta investigación con base en información recolectada acerca de los requerimientos estructurales, funcionales y administrativos de esta clase de sistemas, se busca analizar la vulnerabilidad por medio del siguiente cuadro:

Cuadro 18. Análisis de vulnerabilidad para el sistema Tablazo

Elementos expuestos	Observación
1. Personal	
1.1. Organización	
¿Existe una política de Gestión del Riesgo para garantizar la prevención y preparación para afrontar una emergencia en la división de producción de la empresa?	Parcial
¿Existen planes de acción para realizar labores preventivas?	No
¿Existen planes de acción para atender las diferentes emergencias?	No
¿Se adelantan ejercicios de actualización de los planes de acción?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de intensos inviernos (fenómeno de la niña)?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de estiaje (fenómeno del niño)?	Parcial
¿Se encuentra asignado personal para las labores de mantenimiento de los componentes del sistema?	No
¿Al materializarse un evento se tienen establecidas las funciones de mitigación?	No
¿Existe personal con responsabilidades específicas de acuerdo al componente afectado?	Parcial
¿Se realizan inspecciones periódicas de los diferentes componentes del sistema?	Parcial
¿Existen instrumentos o formatos para identificar y registrar condiciones inseguras que puedan generar emergencias?	No
¿Realizan registro de los eventos presentados en el sistema?	No
1.2. Capacitación	
¿Existen jornadas de capacitación para la prevención y atención de emergencias?	Si
¿El personal técnico de la empresa se encuentra capacitado para atender los eventos que afectan los componentes del sistema?	Parcial
¿Las capacitaciones se realizan periódicamente?	Parcial
¿Se brindan jornadas de capacitación para identificar las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña intensificados por el cambio climático?	No
¿Existen jornadas de capacitación para la realización de labores preventivas ante los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Se realizan talleres con el fin de establecer las labores de atención?	No
1.3. Dotación	
¿El coordinador y el personal asignado para atender las emergencias cuentan con equipo de comunicación eficiente?	Si
¿El personal asignado para atender las emergencias cuenta con los elementos de protección exigidos?	Si
2. Recursos	
2.1. Materiales	
¿Se cuenta con cinta de acordonamiento o balizamiento?	Si
¿Se cuenta con reservas de tuberías para realizar la reposición en caso de daños?	Si
¿Las tuberías se encuentran almacenadas de acuerdo a la normatividad exigida?	Parcial

Cuadro 18 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
2.2. Equipos	
¿Se cuenta con programa de mantenimiento preventivo para los equipos?	No
¿Se cuenta con maquinaria pesada para la recuperación de las áreas afectadas?	Si
¿Hay disponibilidad de herramientas para labores de atención?	Si
2.3. Presupuesto	
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales cuando los materiales destinados para las labores normales no son suficientes para restablecer el funcionamiento habitual del sistema?	Si
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales para contratar personal temporal cuando se presentan afectaciones significativas, donde el personal de la empresa no es suficiente?	Si
¿En caso de generarse un evento que necesite de maquinaria adicional se cuenta con el presupuesto para disponer de ella?	Si
3. Componentes	
3.1. Bocatoma	
3.2. Sismos	
¿Este componente está bajo las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	No
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	No
¿En los puntos donde se evidencian fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	No
3.1.1 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la bocatoma?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas de mitigación ante una erupción volcánica?	Parcial
3.1.2 Movimientos en masa	
No se presenta para este componente	
3.1.3 Avalanchas	
¿Se tienen identificados los puntos de deslizamiento que puedan generar acumulación de material aguas arriba de la bocatoma y desencadenar una avalancha?	Si
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan obras para el control de material caído o deslizado sobre el cauce del río en la parte alta de la cuenca?	No
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	No
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma?	Parcial
3.1.4 Inundaciones	
¿Se tienen control de los caudales en la zona de la bocatoma?	No
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan limpiezas diarias de las rejillas de entrada de agua por la bocatoma?	Si

Cuadro 18 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
3.1.5 Sequias	
¿Se cuenta con estructuras alternas de captación?	Si
¿Antes de épocas de estiaje se realiza mantenimiento a las estructuras alternas de captación?	Si
¿Se tienen programas para la conservación de la cuenca?	Si
3.1.6 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la bocatoma?	Si
¿Se realiza inspección periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se cuenta con vigilancia constante en las estructuras alternas de captación?	No
¿El área de la bocatoma se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.1.7 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Las válvulas de cierre de la bocatoma se encuentran en buen estado?	Si
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la bocatoma?	No
3.1.8 Atentado dinamitero	
¿Se encuentra con vigilancia constante en la bocatoma?	Si
3.1.9 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento preventivo para las válvulas de cierre?	Si
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	No
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
3.2 Aducción	
3.2.1 Sismos	
¿La estructura soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	Parcial
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismoresistencia?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	No
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	No
¿En los puntos donde se evidencian fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	No
3.2.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas de corrección ante una erupción volcánica?	Parcial
3.2.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa rutinariamente los taludes que rodean la estructura?	Si
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	No
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
3.2.4 Inundaciones	
¿En las épocas de intensas lluvias se tiene control del arrastre de material en el canal?	No
¿En la temporada de invierno se tiene control del desgaste del canal por el incremento del caudal y la velocidad del agua?	No
3.2.5 Avalanchas	

Cuadro 18 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma de modo que si se presenta el evento se pueda realizar un cierre oportuno y no afecte la aducción?	Parcial
3.2.6 Sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la aducción del sistema	
3.2.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la zona?	Si
¿Se cuenta con las tapas de protección del canal de aducción?	Parcial
¿El área de la aducción se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.2.8 Deterioro y debilitamiento de equipos	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico del canal de aducción?	No
3.2.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en el canal de aducción?	Si
3.2.10 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Si
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	No
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la estructura?	No
3.3 Conducción	
3.3.1 Sismos	
¿La estructura soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	Parcial
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismoresistencia?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Parcial
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Parcial
¿En los puntos donde se evidencian fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Parcial
3.3.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas de mitigación ante una explosión volcánica?	Parcial
3.3.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa rutinariamente los taludes en la estructura?	Parcial
¿Se tienen identificados los puntos donde se presentan los deslizamientos?	Si
¿Cuándo los deslizamientos ocurren la limpieza de ellos se hace oportunamente impidiendo que el efecto del evento no sea mayor?	No
¿En la época de invierno se realizan medidas preventivas?	No
¿Se realizan obras para el control de la erosión?	No
¿Se cuentan con estudios de suelos en esta zona?	Parcial
¿Se tienen identificados los puntos de quebradas aledañas a la línea de conducción que puedan generar arrastre de material?	Si
¿Se realiza control de drenaje e infiltración en el terreno que soporta la línea de conducción?	No
3.3.4 Inundaciones	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	

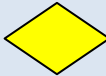

Cuadro 18 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
3.3.5 Avalanchas	
¿Se tienen identificados cuerpos de agua laterales cercanos a la línea de conducción que en épocas de invierno puedan generar este tipo de eventos?	Si
3.3.6 Sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia continua en esta zona?	No
¿Las cámaras de quiebre se encuentran selladas debidamente?	Parcial
3.3.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿La línea se encuentra a una profundidad mínima de 1.0 metro en áreas de cultivo y cruces de carretera?	Si
¿La tubería se encuentra a una profundidad mínima para su protección y aislamiento térmico?	Si
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la tubería y sus uniones?	No
3.3.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia continua en la zona?	No
¿Todo el trazado de la línea de conducción se encuentra enterrado de modo que sea menos propenso a este tipo de amenaza?	No
3.3.10 Abandono	
¿Se realiza mantenimiento periódico de la tubería	No
¿Se realizan limpiezas periódicas del terreno en la línea de conducción?	No
¿En las épocas de invierno se tienen planes de mantenimiento y limpieza a los terrenos?	Parcial

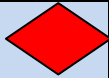
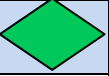
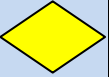
Fuente: Propia del estudio

Con el cuadro 18 se tiene un panorama general de la situación de cada uno de los elementos evaluados, con base en lo cual se procede a dar la calificación de las variables (Cuadro 7. Calificación de las variables) identificadas (0,0-0,5-1,0), con el fin de calificar la vulnerabilidad por amenaza y componente evaluado. Cuadro 19.



Cuadro 19. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Tablazo

Aspectos vulnerables a calificar	Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
	Bueno	Regular	Malo			
Personas						
Organización			1.0	1.0	Las dependencias encargadas de la bocatoma y los componentes de la línea de conducción, no cuentan en totalidad con los planes o políticas para la prevención, atención y mitigación de los eventos amenazantes.	
Capacitación			1.0	1.0	La preparación del personal es ineficiente para las labores de prevención y mitigación ante los eventos amenazantes y lo más importante para el análisis de esta investigación se determina que no se realizan capacitaciones alternas para las afectaciones de los fenómenos ENOS.	
Dotación	0			0	La empresa cuenta con los equipos de protección necesarios y con equipos de comunicación eficientes (radioteléfonos, celulares).	
Subtotal				2.0	La calificación para la vulnerabilidad de las personas es media .	
Recursos						
Materiales	0			0	Se disponen de los insumos para realizar las reparaciones ante los eventos.	
Equipos		0,5		0,5	Se cuenta con las herramientas y maquinaria para atender las emergencias, sin embargo presentan deficiencias en el mantenimiento preventivo de los mismos.	
presupuesto	0			0	La empresa tiene un presupuesto base en el caso de que surjan imprevistos cuando se da atención a una emergencia.	
Subtotal				0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los recursos es baja .	

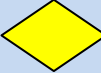
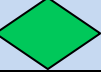

Cuadro 19 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Componentes							
Sismos	Bocatoma			1,0	1,0	Presenta deficiencias en los planes de prevención y atención de amenazas, además no cuenta con los estudios para identificar los puntos de mayor vulnerabilidad (estudios de microzonificación y geológicos).	
	Aducción			1,0	1,0		
	Conducción		0,5			0,5	Presenta deficiencias en los planes de prevención y atención de amenazas, pero la vulnerabilidad disminuye debido a que parte de la línea de conducción alcanza a estar dentro de la zona donde se cuenta con información sobre las fallas geológicas y la microzonificación.
Subtotal					2,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los sismos es alta .	
Erupciones volcánicas	Bocatoma		0,5		0,5	Se cuenta con la identificación de las zonas de influencia volcánica pero no con las labores de corrección aumentando la vulnerabilidad.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción	0				0	No se ve afectado este componente.
Subtotal					1,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las erupciones volcánicas es baja .	
Movimientos en masa	Bocatoma	0			0	No se presenta para este componente.	
	Aducción		0,5		0,5	No se cuenta con las medidas de atención, se puede presentar un deslizamiento de roca.	
	Conducción			1,0	1,0	Las medidas de prevención y atención no son oportunas.	
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los movimientos en masa es media .	


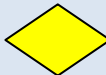
Cuadro 19 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Inundaciones	Bocatoma			1,0	1,0	No se cuenta con los planes de prevención y atención, además no se tiene instalado en este punto un equipo que permita la medición y control del caudal. Se desconocen las labores a desarrollar cuando se aproxima la temporada invernal lo cual incrementa la vulnerabilidad.	
	Aducción			1,0	1,0	No se realizan inspecciones técnicas para reconocer el estado de erosión del canal en época invernal donde el arrastre de material aumenta.	
	Conducción	0			0	No se presenta.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las inundaciones es media .	
Sequias	Bocatoma	0			0	Se cuenta con los planes de conservación de la cuenca y con estructuras de captación en fuentes alternas las cuales permiten la continuidad del servicio.	
	Aducción	0			0	No se ve afectado por este evento.	
	Conducción	0			0		
Subtotal					0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las sequias es baja .	
Avalanchas	Bocatoma		0,5		0,5	Cuenta con planes de prevención y corrección de manera parcial, pero cuenta con fuentes alternas para mantener el servicio.	
	Aducción		0,5		0,5	El mantenimiento realizado a las válvulas de cierre de la bocatoma no permite un cierre rápido para evitar el paso de material al canal de aducción.	
	Conducción			1,0	1,0	En el trayecto se tienen cuerpos de agua que en épocas de invierno presentan avalanchas arrastrando	

Cuadro 19 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
						material sobre el componente generando sobrepeso a la tubería.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las avalanchas es media .	
Contaminación hídrica	Bocatoma	0			0	Se cuenta con vigilancia permanente.	
	Aducción	0			0		
	Conducción		0,5		0,5	Se encuentra un punto de vulnerabilidad en Pisojé alto donde no se cuenta con vigilancia.	
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante una contaminación hídrica es baja .	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	Bocatoma		0,5		0,5	La bocatoma se encuentra en buen estado pero no se realiza periódicamente las supervisiones técnicas requeridas.	
	Aducción			1,0	1,0	El canal de aducción se encuentra deteriorado y no se realiza periódicamente las supervisiones técnicas requeridas.	
	Conducción			1,0	1,0	La línea de conducción tiene uniones y soportes deteriorados además no se realiza periódicamente las supervisiones técnicas y las labores de mantenimiento requeridas.	
Subtotal					2,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos es alta .	
Atentado dinamitero	Bocatoma	0			0	Se cuenta con vigilancia constante.	
	Aducción	0			0		
	Conducción			1,0	1,0	Existen tramos de la tubería que se encuentran expuestas, además no cuenta con vigilancia.	

Cuadro 19 (Continuación)


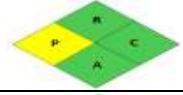

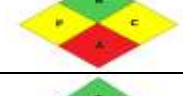

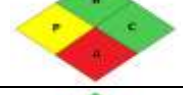
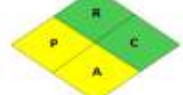
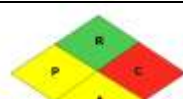
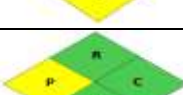
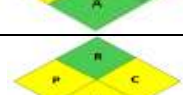
Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					1,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante un atentado dinamitero es baja .	
Abandono	Bocatoma		0,5		0,5	Se realiza las labores de mantenimiento por parte del bocatomero sin embargo se tienen deficiencias en reparaciones técnicas.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción			1,0	1,0		No se atiende oportunamente los daños que se generan.
subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el abandono es media .	

Fuente: Propia del estudio

Con la identificación de las amenazas y la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se procede a determinar el nivel de riesgo, basándose en que el riesgo se determina con el cruce de amenaza y vulnerabilidad de la siguiente manera:

4.1.4 Nivel de riesgo. Por medio de la metodología de colores y el diamante de riesgo se obtiene el nivel del riesgo, para cada amenaza y elemento expuesto con su respectiva vulnerabilidad, para tal fin se utiliza la calificación del nivel de riesgo cuadro 10 y se combinan en el siguiente formato.

Cuadro 20. Calificación del nivel de riesgo del sistema Tablazo

Amenaza	Diamante de riesgo	Interpretación
Sismos		Medio
Erupciones volcánicas		Bajo
Movimientos en masa		Medio
Inundaciones		Medio
Avalanchas		Medio
Sequias		Medio
Contaminación hídrica		Bajo
Deterioro y debilitamiento de estructuras		Medio
Atentado dinamitero		Bajo
Abandono		Medio

Fuente: Propia del estudio

La calificación del nivel de riesgo es medio para las amenazas naturales como sismos, inundaciones, movimientos en masa, avalanchas y sequias, y para las amenazas antrópicas como el abandono y el deterioro y debilitamiento de

estructuras y bajo para las amenazas restantes, estos resultados se deben a que la vulnerabilidad para las personas y los recursos es medio y bajo respectivamente; por tanto, no hay posibilidad que se presente un nivel alto en el riesgo, pues la capacitación y organización del personal no se realiza de forma adecuada, sobre todo para los fenómenos El Niño y La Niña, que es la prioridad en esta investigación.

Con esta metodología se determina la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de los componentes del sistema frente a cada una de las amenazas identificadas con el fin de proveer a la empresa un diagnóstico de la situación. Con el cuestionario realizado para determinar la vulnerabilidad se busca que la empresa atienda las calificaciones parciales y no, de tal manera que disminuya el grado de vulnerabilidad ya que las amenazas siempre estarán presentes.

4.2 SISTEMA TULCÁN

4.2.1 Identificación de las amenaza. La identificación de las amenazas para este sistema se realizó de forma similar que en sistema Tablazo, obteniendo las siguientes:

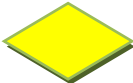
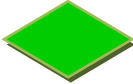
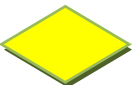
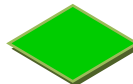
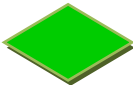
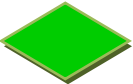
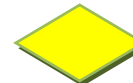
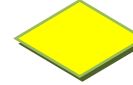
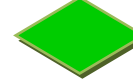
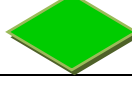
Cuadro 21. Amenazas del sistema de conducción de agua cruda, bocatoma río Molino-planta de tratamiento Tulcán

Amenaza		Identificadas en campo	Adoptadas por criterio
Naturales	Geológicas	Sismos	X
		Erupciones volcánicas	X
		Movimientos en masa	X
	Hidrología	Inundaciones	X
		Avalanchas	X
	Climáticas	Sequias	X
Antrópicas	Contaminación hídrica	X	
	Deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos	X	
	Atentado dinamitero		X
	Abandono	X	

Fuente: Propia del estudio

4.2.2 Estimación de la probabilidad. La calificación de este comportamiento se realiza con el cuadro 5 teniendo en cuenta bases teóricas existentes.

Cuadro 22. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Tulcán

Amenaza	Fuente de riesgo	Calificación	Color
Natural			
Sismo	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de microzonificación sísmica de Popayán (mapa geológico Popayán y de microzonificación), INGEOMINAS 	Probable	
Erupciones volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> Área de influencia de los volcanes cercanos a la zona de estudio. INGEOMINAS 	Posible	
Movimientos en masa	<ul style="list-style-type: none"> Deslizamientos identificados en campo. Mapa de pendientes de la cuenca Molino, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) 	Probable	
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales por el Método Gráfico con la fórmula empírica de Weibull, la fórmula de Gumbel Análisis de las curvas de gastos 	Posible	
Avalanchas	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de deslizamientos aguas arriba de la bocatoma. Registros de eventos ocurridos. 	Posible	
Sequias	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales por el método gráfico con la fórmula empírica de Weibull y la fórmula de Gumbel 	Posible	
Antrópicas			
Contaminación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de puntos críticos identificados en campo. 	Probable	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento hecho en campo 	Probable	
Atentado dinamitero	<ul style="list-style-type: none"> Registro de atentados ocurridos en la zona. Identificación en campo de puntos críticos (tuberías expuestas). 	Posible	
Abandono	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de mantenimiento observados durante las salidas de campo 	Posible	

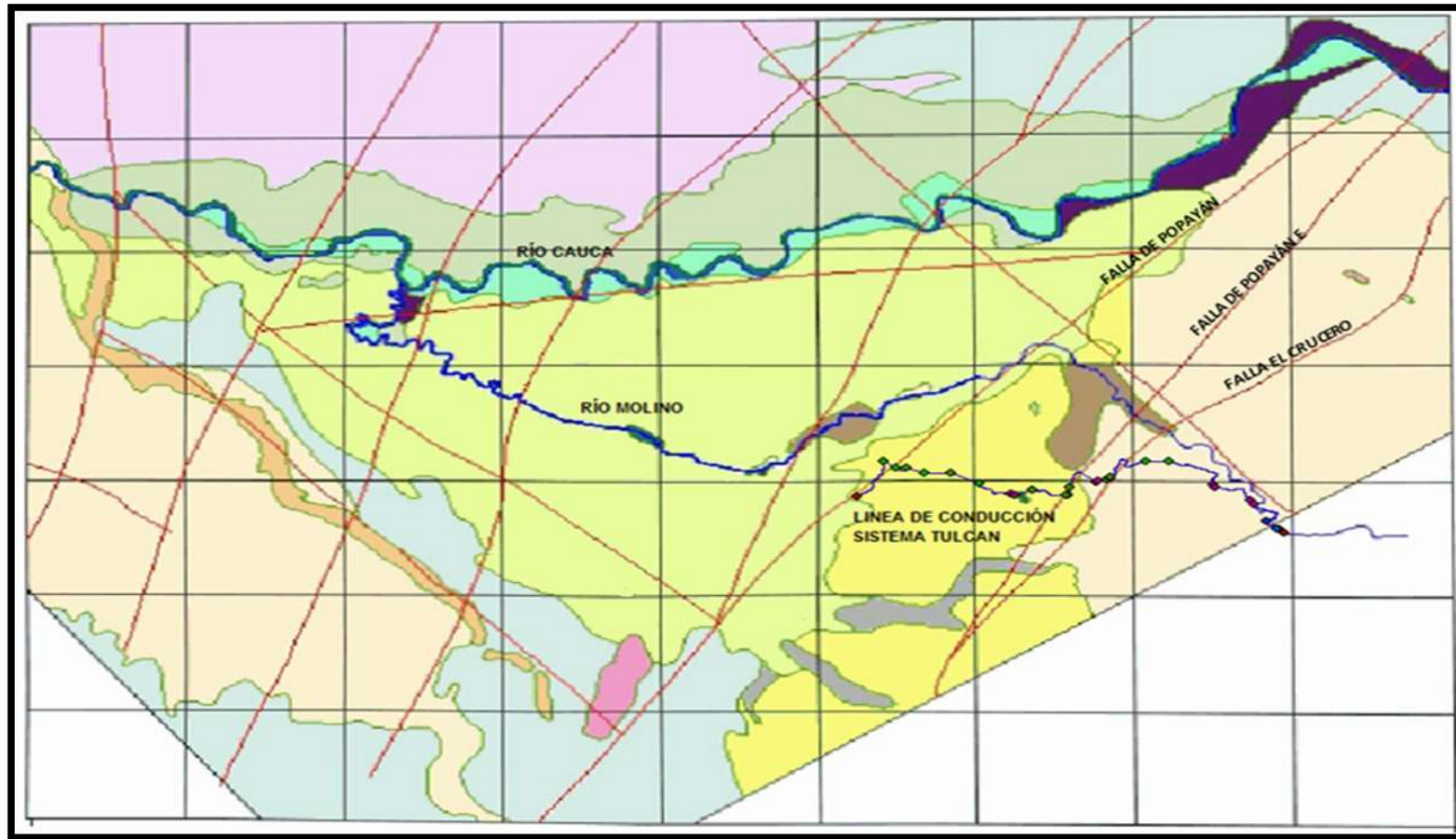
Fuente: Propia del estudio

❖ Fuentes de riesgo

Sismos. Teniendo en cuenta que los movimientos sísmicos están directamente ligados a las fallas, y que existe evidencia de los daños que causó el terremoto de 1983 al sistema por el movimiento de la falla Popayán, se identificó que la línea de conducción del sistema atraviesa las fallas Popayán, Popayán Este y el Crucero Figura 16, las cuales presentan actividad moderada, representando una gran amenaza para el sistema, además de no contar con fuentes alternas que presten el servicio a los usuarios.

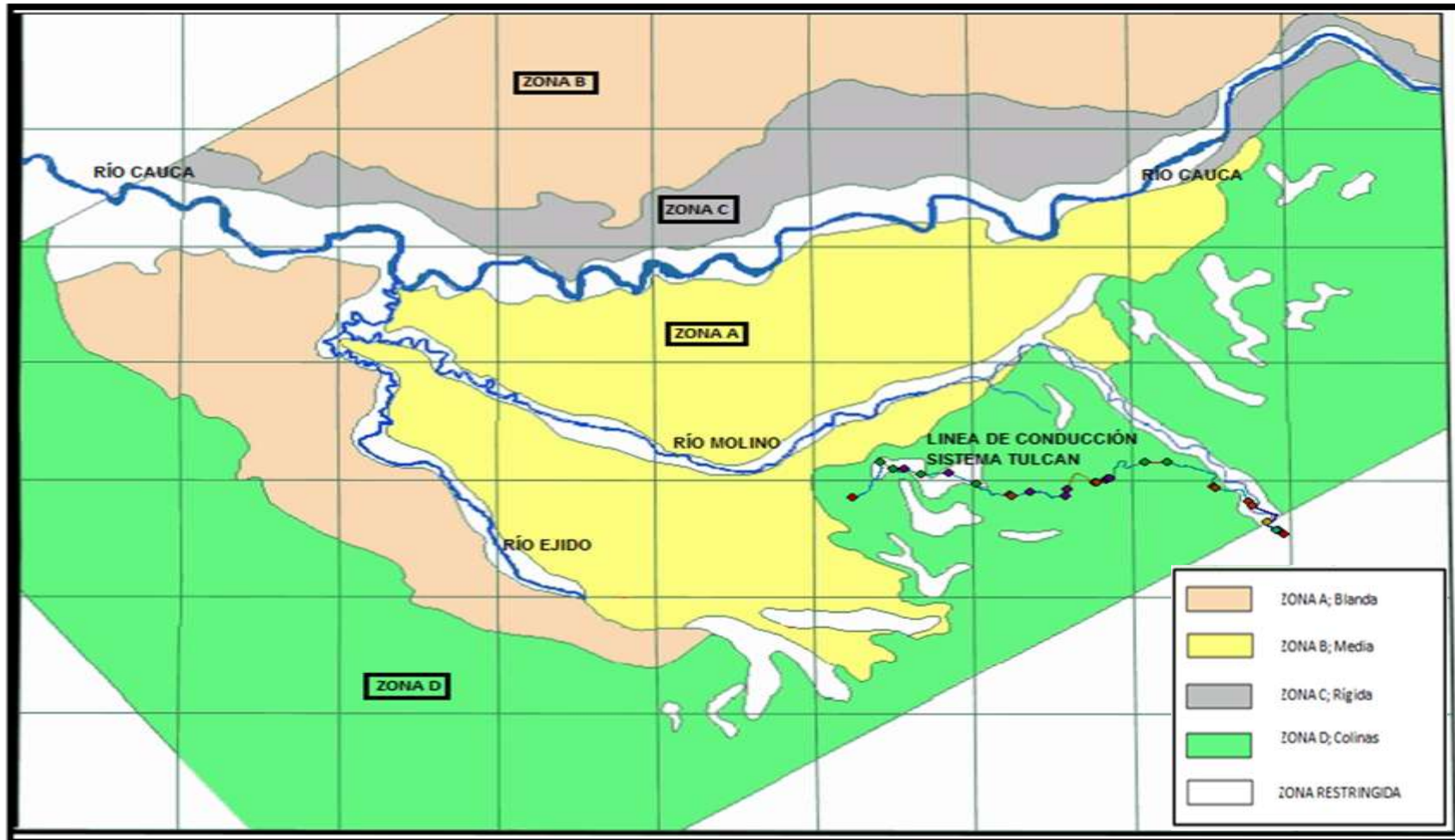
Como se sabe el tipo de suelo juega un papel muy importante, ya que la severidad con que se sienta un sismo en la superficie depende en gran parte a la respuesta que tiene ante la influencia de las ondas sísmicas, por lo tanto de acuerdo al estudio de microzonificación de Popayán Figura 17, el sistema hace su recorrido en suelo tipo D, es decir, suelo de colinas, donde se amplía la longitud de la onda sísmica por lo que solo se siente un leve movimiento en la superficie, no influyendo en la susceptibilidad del sistema, por lo tanto el comportamiento de este evento según la metodología adoptada es **probable** ,ya que existen razones y argumentos técnicos, científicos para creer que sucederá.

Figura 16. Mapa de las fallas geológicas de Popayán con la línea de conducción del sistema Tulcán



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa del estudio de Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, INGEOMINAS).

Figura 17. Mapa microzonificación de Popayán con la línea de conducción del sistema Tulcán



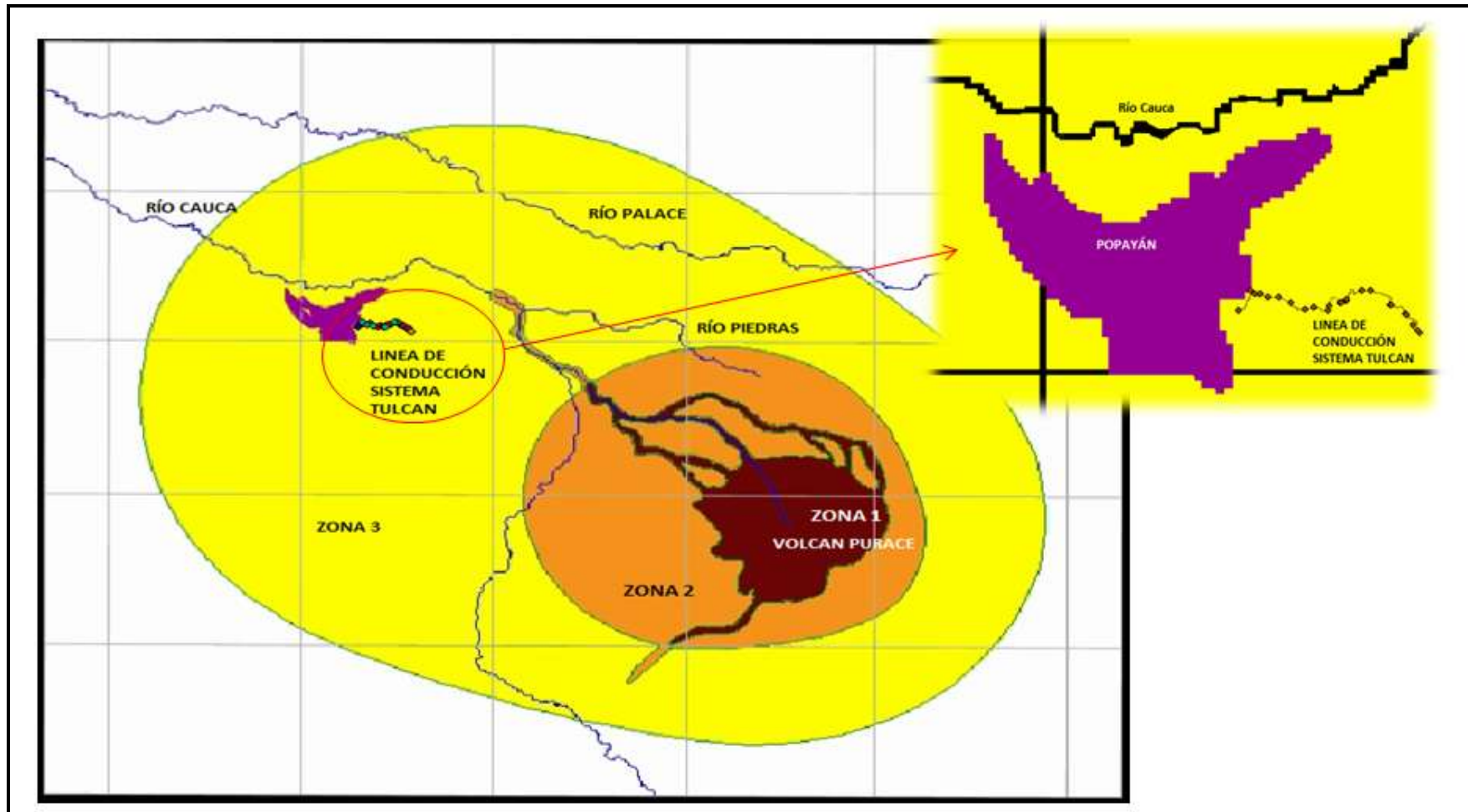
Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa del estudio de Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, INGEOMINAS).

Erupciones volcánicas. Teniendo en cuenta que el volcán Puracé se encuentra activo en un estado base que se caracteriza por un estado de reposo o quietud, y que la línea de conducción se encuentra ubicado en la zona 3 de influencia volcánica (ver figura 18), la cual corresponde a amenaza baja donde se reportan caída de cenizas con acumulaciones de centímetros a milímetros y crecientes del río Cauca producidas por represamiento de material volcánico en la parte alta y ondas de choque (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), 1999), se analiza que este evento puede suceder, ya que no existen razones históricas y científicas para decir que no sucederá, por esto el comportamiento es calificado como **posible**.

Inundaciones. Para establecer el caudal máximo que soporta la estructura de captación se recurrió a la topografía de la sección de la bocatoma, con la que se obtuvo la profundidad máxima del agua, dato que se introduce a la fórmula de la curva de gastos, arrojando como resultado un caudal de 18.87 m³/s.

Para determinar la probabilidad y el tiempo de retorno de este caudal se probaron diferentes alternativas ya que los datos de caudales registrados por la empresa son escasos y corresponden a valores medios. Primero se utilizó la fórmula empírica de Weibull donde se tomaron los caudales mayores registrados por mes para el periodo de 2009-2011 generando las gráficas de probabilidad vs caudal y tiempo de retorno vs caudal (Anexo D) para las cuales se definieron las ecuaciones de tendencia, luego se ingresa el caudal máximo dando como resultado valores elevados de los cuales no se puede sacar una conclusión. El resultado fue similar al utilizar la fórmula de Gumbel, confirmando que este evento no se ha presentado, pero si se llegara a presentar un caudal mayor o igual a este valor es válido afirmar que la estructura se vería afectada, por estas razones el comportamiento de este evento de acuerdo a la metodología adoptada se califica como **posible**.

Figura 18. Mapa de Influencia volcanica del Puracé con la linea de conducción del sistema Tulcán



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa influencia del volcán Puracé, INGEOMINAS).

Movimientos en masas. Para el análisis de este punto se considera los mismos documentos e información utilizada para evaluar la amenaza en el sistema Tablazo, es así como se identifica el tipo de relieve y el rango de pendiente para el sistema, obteniendo un relieve *fuertemente ondulado* y un valor de pendiente de 18,6 grados. Como se mencionó anteriormente el relieve determina la ocurrencia o no del fenómeno, es decir, en los relieves planos o ligeramente ondulados no se producen deslizamientos tan frecuentes y severos como se producen en relieves ondulados, fuertemente ondulados, quebrados y escarpados. En relación con las pendientes, las suaves (0-10grados) no favorecen su ocurrencia, siendo más susceptibles a partir de los 10 grados y alcanza su valor máximo de susceptibilidad a partir de los 30 grados, por tanto, aunque se presenta el mismo relieve, para este sistema se identificaron solo dos puntos de deslizamiento que no representan un daño severo para la línea de conducción. De esta manera y como existen razones y argumentos técnicos para creer que sucederá el comportamiento de esta amenaza se califica como **probable**.

Avalanchas. La bocatoma de este sistema se ha visto severamente afectada por este evento en repetidas ocasiones, ya que aguas arriba de la estructura se presentan deslizamientos que en épocas de alta pluviosidad aumentan su magnitud generando represamientos de la fuente que desencadenan este tipo de amenaza, como la presentada el 7 de marzo de 2011 la cual genero daños significativos para la misma, además de múltiples eventos presentados pero no registrados, por esta razón su comportamiento se califica como **posible**.

Sequías. Los valores críticos para este evento son aquellos iguales o inferiores al caudal de captación ($0.15\text{m}^3/\text{s}$), los cuales se estudian siguiendo los métodos utilizados en el análisis de la amenaza por inundación, con el fin de determinar su probabilidad y tiempo de retorno donde se evidencia que estos valores no se han registrado, (Anexo D), situación que se confirma con las entrevistas realizadas a algunos funcionarios de la empresa, determinandose que el río tiene la capacidad de mantener el abastecimiento del sistema y el caudal ecológico de la fuente aun en épocas de estiaje, por lo tanto de acuerdo a la metodología adoptada el comportamiento se califica como **posible**.

Contaminación hídrica. En el reconocimiento hecho en campo se identificaron varias cámaras de quiebre que no cuentan con la tapa requerida para evitar que se viertan sustancias extrañas u ofensivas, las cuales se encuentran ubicadas en la parte de la vereda Pomona, la primera es ubicada en N 2,444331 W -76,593417, la segunda N 2,442945 W -76,588691 y por ultimo N 2,443498 W -76,591766 las cuales son utilizada para labores de lavado de ropas y en general para labores domésticas, por lo tanto el comportamiento de este evento se califica como **probable**.

Figura 19. Primera cámara de quiebre destapada vereda Pomona



(N 2,444331 W -76,593417)

Fuente: Propia del estudio

Figura 20. Segunda cámara de quiebre destapada vereda Pomona



(N 2,443498 W -76,591766)

Fuente: Propia del estudio

Deterioro y debilitamiento de estructuras. Es importante conocer el estado de las estructuras, ya que su deterioro aumenta la disposición a los daños producidos por otras amenazas antrópicas y naturales incrementando las pérdidas para la empresa, para evaluar esta amenaza se tuvo en cuenta las características propias de la tubería y lo evidenciado en el reconocimiento de campo.

Aunque este sistema cuenta con 83 años de funcionamiento, donde después del terremoto de 1983 se realizaron optimizaciones de algunos componentes

del sistema, en 1986 a la conducción y en 1987 a la captación, en las diferentes salidas de campo se identificaron estructuras de soporte y anclajes de la tubería (Anexo E), ubicadas antes de salir a la intersección con la carretera que conduce al Huila, agrietada y flojas por tanto teniendo en cuenta la metodología empleada se tiene que es un evento esperado del cual existen razones y argumentos técnicos, científicos para creer que sucederá, por estas razones su comportamiento se califica como **probable**.

Figura 21. Estructura de soporte deteriorada sistema Tulcán



(N 2,442646W -76,589883)
Fuente: Propia del estudio

Figura 22. Estructura de soporte colapsada sistema Tulcán



(N 2,442583W -76,58674)
Fuente: Propia del estudio

Atentado dinamitero. En la línea de conducción existen tramos que se encuentran tendidos superficialmente pudiendo ser el blanco de grupos ilegales o delincuencia común. En el cuadro 23 se resume la identificación de estructuras con estas características obtenida en campo, por estas razones y según la metodología empleada, este evento se califica como **posible**.

Cuadro 23. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema Tulcán

Tramo		Coordenadas	
		N	W
Tubería expuesta antes de la intersección con la vía la Huila (Anexo E)	inicio	2,442646	-76,589883
	final	2,442607	-76,589757
Tubería expuesta con estructura de soporte deteriorada. (Anexo E)	inicio	2,442583	-76,58674
	final	2,442579	-76,586709
Tubería expuesta paso de quebrada (Anexo D)	inicio	2,443627	-76,584994
	final	2,443638	-76,584941
Tubería expuesta de las escaleras de la ruta del agua (Anexo E)	Inicio	2,443815	-76,584363
	final	2,443911	-76,584242
Tubería expuesta antes de la mina de material de doña Eucaris León de Manzano	Inicio	2,443336	-76,578241
	final	2,443215	-76,578148
Viaducto río Molino	inicio	2,442128	-76,576172
	final	2,441868	-76,575954

Fuente: Propia del estudio

Abandono. En las primeras visitas realizadas poco después de la creciente del río Molino se identificó que la bocatoma había sufrido daños en su estructura figura 16 (foto de la bocatoma dañada), la última visita al sitio se realizó varios meses después observando que aún no se habían realizado las labores de reparación ni limpieza, además existe un paso de una pequeña carretera por donde transitan volquetas que entran y salen de una mina de material, donde se encuentra ubicada la línea de conducción sin la estructura adecuada para su protección, situación identificada con anterioridad la cual aún no se ha atendido. Por estas razones este evento se califica como **posible**.

Figura 23. Estructura de la bocatoma afectada por la creciente del 7 de marzo de 2011



Fuente: Propia del estudio

4.2.3 Análisis de vulnerabilidad

Cuadro 24. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema Tulcán

Elementos expuestos	Observación
1. Personal	
1.1 Organización	
¿Existe una política de Gestión del Riesgo para garantizar la prevención y preparación para afrontar una emergencia en la división de producción de la empresa?	Parcial
¿Existen planes de acción para realizar labores preventivas?	No
¿Existen planes de acción para atender las diferentes emergencias?	No
¿Se adelantan ejercicios de actualización de los planes de acción?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de intensos inviernos (fenómeno de la niña)?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de estiaje (fenómeno del niño)?	No
¿Se encuentra asignado personal para las labores de mantenimiento de los componentes del sistema?	No
¿Al materializarse un evento se tienen establecidas las funciones de atención para corregir los daños?	No
¿Existe personal con responsabilidades específicas de acuerdo al componente afectado?	Parcial
¿Se realizan inspecciones periódicas de los diferentes componentes del sistema?	Parcial
¿Existen instrumentos o formatos para identificar y registrar condiciones inseguras que puedan generar emergencias?	No

Cuadro 24 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Realizan registro de los eventos presentados en el sistema?	No
1.2 Capacitación	
¿Existen jornadas de capacitación para la prevención y atención de emergencias?	Si
¿El personal técnico de la empresa se encuentra capacitado para atender los eventos que afectan los componentes del sistema?	Parcial
¿Las capacitaciones se realizan periódicamente?	Parcial
¿Se brindan jornadas de capacitación para identificar las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Existen jornadas de capacitación para la realización de labores preventivas ante los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Se realizan talleres con el fin de establecer las labores correctivas?	No
1.3 Dotación	
¿El coordinador y el personal asignado para atender las emergencias cuentan con equipo de comunicación eficiente?	Si
¿El personal asignado para atender las emergencias cuenta con los elementos de protección exigidos?	Si
2. Recursos	
2.1 Materiales	
¿Se cuenta con cinta de acordonamiento o balizamiento?	Si
¿Se cuenta con reservas de tuberías para realizar la reposición en caso de daños?	Si
¿Las tuberías se encuentran almacenadas de acuerdo a la normatividad exigida?	Parcial
2.2 Equipos	
¿Se cuenta con programa de mantenimiento preventivo para los equipos?	No
¿Se encuentra con maquinaria pesada para la recuperación de las áreas afectadas?	Si
¿Hay disponibilidad de herramientas para labores de mantenimiento y recuperación?	Si
2.3 Presupuesto	
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales cuando los materiales destinados para las labores normales no son suficientes para restablecer el funcionamiento habitual del sistema?	Si
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales para contratar personal temporal cuando se presentan afectaciones significativas, donde el personal de la empresa no es suficiente?	Si
¿En caso de generarse un evento que necesite de maquinaria adicional se cuenta con el presupuesto para disponer de ella?	Si
3. Componentes	
3.1 Bocatoma	
3.1.1 Sismos	
¿Este componente está bajo las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	No
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencia fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.1.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la bocatoma?	Si

Cuadro 24 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una erupción volcánica?	Parcial
3.1.3 Movimientos en masa	
No se presenta para este componente	
3.1.4 Avalanchas	
¿Se tienen identificados los puntos de deslizamiento que puedan generar acumulación de material aguas arriba de la bocatoma y desencadenar una avalancha?	Si
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan obras para el control de material caído o deslizado sobre el cauce del río en la parte alta de la cuenca?	Parcial
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	Parcial
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma?	No
3.1.5 Inundaciones	
¿Se tienen control de los caudales en la zona de la bocatoma?	Parcial
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan limpiezas diarias de las rejillas de entrada de agua por la bocatoma?	Parcial
3.1.6 Sequias	
¿Se cuenta con estructuras alternas de captación?	No
¿Se tienen programas para la conservación de la cuenca?	Si
3.1.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la bocatoma?	Parcial
¿El área de la bocatoma se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.1.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Las válvulas de cierre de la bocatoma se encuentran en buen estado?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la bocatoma?	No
3.1.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la bocatoma?	Parcial
3.1.10 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento preventivo para las válvulas de cierre?	No
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	No
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
3.2 Aducción	
3.2.1 Sismos	
¿La estructura soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	No
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismo resistencia?	No
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencia fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.2.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si

Cuadro 24 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una erupción volcánica?	No
3.2.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa rutinariamente los taludes que rodean la estructura?	Si
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	No
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
3.2.4 Inundaciones	
¿En las épocas de intensas lluvias se tiene control del arrastre de material en la tubería?	No
¿En la temporada de invierno se tiene control del desgaste de la tubería por incremento del caudal y la velocidad del agua?	No
3.2.5 Avalanchas	
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma de modo que si se presenta el evento se pueda realizar un cierre oportuno y no afecte la aducción?	No
3.2.6 Sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la aducción del sistema	
3.2.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la zona?	Parcial
¿El área de la aducción se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.2.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico la tubería de aducción?	No
3.2.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en el canal de aducción?	Parcial
3.2.10 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	No
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la estructura?	No
3.3 Conducción	
3.3.1 Sismos	
¿La tubería soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	No
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismo resistencia?	No
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencias fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	No
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.3.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una explosión volcánica?	Parcial
3.3.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa rutinariamente los taludes aledaños?	No
¿Se tienen identificados los puntos donde se presentan los deslizamientos?	Si
¿Cuándo los deslizamientos ocurren la limpieza de ellos se hace oportunamente impidiendo que el efecto del evento sea mayor?	No
¿Antes de épocas de invierno se realizan medidas preventivas?	No
¿Se realizan obras para el control de la erosión?	No


Cuadro 24 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se cuentan con estudios de suelos en esta zona?	Si
¿Se realiza control de drenaje e infiltración en el terreno que soporta la línea de conducción?	No
3.3.4 Inundaciones	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.5 Avalanchas	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.6 Sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia continua en esta zona?	No
¿Las cámaras de quiebre se encuentran debidamente selladas?	Parcial
3.3.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿La línea se encuentra a una profundidad mínima de 1.0 metro en áreas de cultivo y cruces de carretera?	Si
¿En los tramos donde la línea de conducción cruza carreteras, cuenta con la estructura adecuada para su protección?	No
¿La tubería se encuentra a una profundidad mínima para su protección y aislamiento térmico?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la tubería y sus uniones?	No
3.3.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia continua en la zona?	No
¿Todo el trazado de la línea de conducción se encuentra enterrado de modo que sea menos propenso a este tipo de amenaza?	No
3.3.10 Abandono	
¿Se realiza mantenimiento periódico de la tubería	No
¿Se realizan limpiezas periódicas del terreno en la línea de conducción?	No
¿En las épocas de invierno se tienen planes de mantenimiento y limpieza a los terrenos?	No


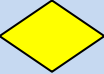

Fuente: Propia del estudio

4.2.4 Nivel de riesgo


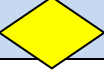
Cuadro 25. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Tulcán

Aspectos vulnerables a calificar	Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
	Bueno	Regular	Malo			
Personas						
Organización			1.0	1.0	Las dependencias encargadas de la bocatoma y los componentes de la línea de conducción, no cuentan en totalidad con los planes o políticas para la prevención, atención y mitigación de los eventos amenazantes.	
Capacitación			1.0	1.0	La preparación del personal es ineficiente para las labores de prevención y mitigación ante los eventos amenazantes y lo más importante para el análisis de esta investigación se determina que no se realizan capacitaciones alternas para las afectaciones de los fenómenos El Niño y La Niña.	
Dotación	0			0	La empresa cuenta con los equipos de protección necesarios y con equipos de comunicación eficientes (radioteléfonos, celulares).	
Subtotal				2.0	La calificación para la vulnerabilidad de las personas es media .	
Recursos						
Materiales	0			0	Se disponen de los insumos para realizar las reparaciones ante los eventos.	
Equipos		0,5		0,5	Se cuenta con las herramientas y maquinaria para atender las eventualidades, sin embargo presentan deficiencias en el mantenimiento preventivo de los mismos.	
presupuesto	0			0	En caso de que se requiera más material o equipos para reparaciones, la empresa tiene la capacidad económica para adquirirlos.	

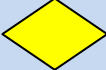

Cuadro 25 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los recursos es baja .	
Componentes							
Sismos	Bocatoma		0,5		0,5	Presenta deficiencias en los planes de prevención y atención de esta amenaza, aunque cuenta con los estudios para identificar los puntos de mayor vulnerabilidad (estudios de microzonificación y geológicos), donde se pueden implementar medidas preventivas que disminuyan la susceptibilidad ante este evento.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción		0,5		0,5		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los sismos es media .	
Erupciones volcánicas	Bocatoma		0,5		0,5	Se cuenta con la identificación de las zonas de influencia volcánica, pero no se tienen claras las labores de corrección haciendo aumentar la vulnerabilidad.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción	0			0		
Subtotal					1,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las erupciones volcánicas es baja .	
Movimientos en masa	Bocatoma	0			0	No se presenta para este componente.	
	Aducción		0,5		0,5	No se tiene claridad de las medidas de atención, además no cuenta con sistemas de alarma temprana.	
	Conducción		0,5		0,5	Se identificó un solo punto de vulnerabilidad ante este evento.	




Cuadro 25 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					1,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los movimientos en masa es baja .	
Inundaciones	Bocatoma			1,0	1,0	No se cuenta con los planes de prevención y atención, además que no se tiene instalado en este punto un equipo que permita la medición de caudales máximos que permita tomar medidas con anterioridad, no se realizan las labores cuando se aproxima la temporada invernal incrementa, además este evento se presenta con recurrencia en este sistema.	
	Aducción			1,0	1,0	No se realizan inspecciones técnicas para reconocer el estado de la tubería en época invernal cuando el arrastre de material aumenta.	
	Conducción	0			0	No tiene efecto para este componente.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las inundaciones es media .	
Sequias	Bocatoma		0,5		0,5	Cuenta con los planes de conservación de la cuenca, pero no cuenta con estructuras alternas de abastecimiento.	
	Aducción	0			0	No se ve afectado por este evento.	
	Conducción	0			0		
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las sequias es baja .	
Avalanchas	Bocatoma			1,0	1,0	Este evento se presenta en época invernal, cuenta con planes de prevención y corrección de	

Cuadro 25 (Continuación)




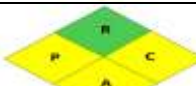
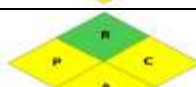




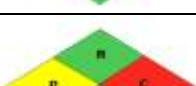
Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Avalanchas						manera parcial, además este sistema no cuenta con estructuras alternas que permitan el abastecimiento a los usuarios.	
	Aducción			1,0	1,0	El estado de las válvulas de cierre de la bocatoma no permite un cierre rápido para evitar el paso de material a la tubería de aducción.	
	Conducción	0			0	Este evento no afecta este componente.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las avalanchas es media .	
Contaminación hídrica	Bocatoma		0,5		0,5	La vigilancia no se realiza de forma adecuada.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción			1,0	1,0	Se encuentran varias cámaras de inspección que no cuentan con las tapas en un sector bastante alejado donde no hay vigilancia permanente.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante una contaminación hídrica es media .	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	Bocatoma			1,0	1,0	La bocatoma se encuentra bastante deteriorada y no se realiza periódicamente las supervisiones técnicas requeridas.	
	Aducción			1,0	1,0	El material de la tubería de la aducción no es el adecuado el cual es propenso al desgaste y no se realiza periódicamente las supervisiones técnicas.	
	Conducción			1,0	1,0	La línea de conducción tiene uniones y soportes deteriorados, además existe un punto donde cruza una carretera de tránsito pesado que no cuenta con la estructura adecuada para su protección	

Cuadro 25 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el deterioro y debilitamiento de estructuras y equipos es alta .	
Atentado dinamitero	Bocatoma			1,0	1,0	No cuenta con vigilancia constante.	
	Aducción			1,0	1,0		
	Conducción			1,0	1,0	Existen tramos de la tubería que se encuentran expuestas, además no cuenta con vigilancia.	
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante un atentado dinamitero es alta .	
Abandono	Bocatoma			1,0	1,0	Las labores de mantenimiento por parte del bocatomo son deficientes además se tienen deficiencias en reparaciones técnicas.	
	Aducción			1,0	1,0		
	Conducción			1,0	1,0	No se realizan labores de mantenimiento al componente y al terreno de influencia.	
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componente ante el abandono es alta	

Fuente: Propia del estudio

Cuadro 26. Calificación del nivel de riesgo para el sistema Tulcán

Amenaza	Diamante de riesgo	Interpretación
Sismos		Medio
Erupciones volcánicas		Bajo
Movimientos en masa		Bajo
Inundaciones		Medio
Avalanchas		Medio
Sequias		Bajo
Contaminación hídrica		Medio
Deterioro y debilitamiento de estructuras		Medio
Atentado dinamitero		Medio
Abandono		Medio

Fuente: Propia del estudio

Este sistema tiene un nivel de riesgo **bajo** ante las erupciones volcánicas, movimientos en masa y sequias, debido a que no se ha visto afectado significativamente por estas amenazas, además el grado de vulnerabilidad es bajo ya que se cuenta con los estudios de localización dentro del mapa de influencia del volcán Puracé permitiendo identificar las medidas a tomar en el momento de que llegue a ocurrir. Para las sequias se tiene que gracias a que en la cuenca se han establecido medidas para su conservación se puede garantizar la disponibilidad de agua.

Para las amenazas restantes se obtuvo un nivel de riesgo **medio** ya que estas amenazas se presentan con mayor frecuencia y este sistema no cuenta con estructuras alternas que permitan el abastecimiento mientras se adelantan las labores de reparación, además de ser el más antiguo y aunque ha cumplido

con su vida útil no recibe el mantenimiento requerido para que funcione y se mantenga en buenas condiciones.

4.3 SISTEMA PALACÉ

4.3.1 Identificación de las amenazas. Se realizó con base en estudios desarrollados para el municipio de Popayán, además de criterios profesionales que sugieren amenazas para estos sistemas. Al contrastarse esta información con las salidas de campo se obtuvieron las siguientes:

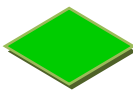
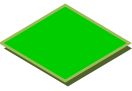
Cuadro 27. Amenazas sistema de conducción agua cruda, bocatoma río Palacé-planta de tratamiento del Norte

Amenaza		Identificadas en campo	Adoptadas por criterio
Naturales	Geológicas	Sismos	X
		Erupciones volcánicas	X
		Movimientos en masa	X
	Hidrología	Inundaciones	X
		Avalanchas	X
Climáticas	Sequias	X	
Antrópicas		Contaminación Hídrica	X
		Deterioro y debilitamiento de estructuras	X
		Atentado dinamitero	X
		Abandono	X

Fuente: Propia del estudio

4.3.2 Estimación de la probabilidad. La calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas se determina por su comportamiento (cuadro 5. Calificación de amenazas por la metodología de colores), teniendo en cuenta bases teóricas existentes que permitan disminuir el grado de subjetividad, así:

Cuadro 28. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema Palacé

Amenaza	Fuente de riesgo	Calificación	Color
Natural			
Sismo	<ul style="list-style-type: none"> Mapa geológico y de fenómenos de estabilidad del corredor seleccionado (línea de conducción Palace) suministrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P. 	Posible	
Erupciones volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> Área de influencia de los volcanes cercanos a la zona de estudio. INGEOMINAS. 	Posible	

Cuadro 28 (Continuación)

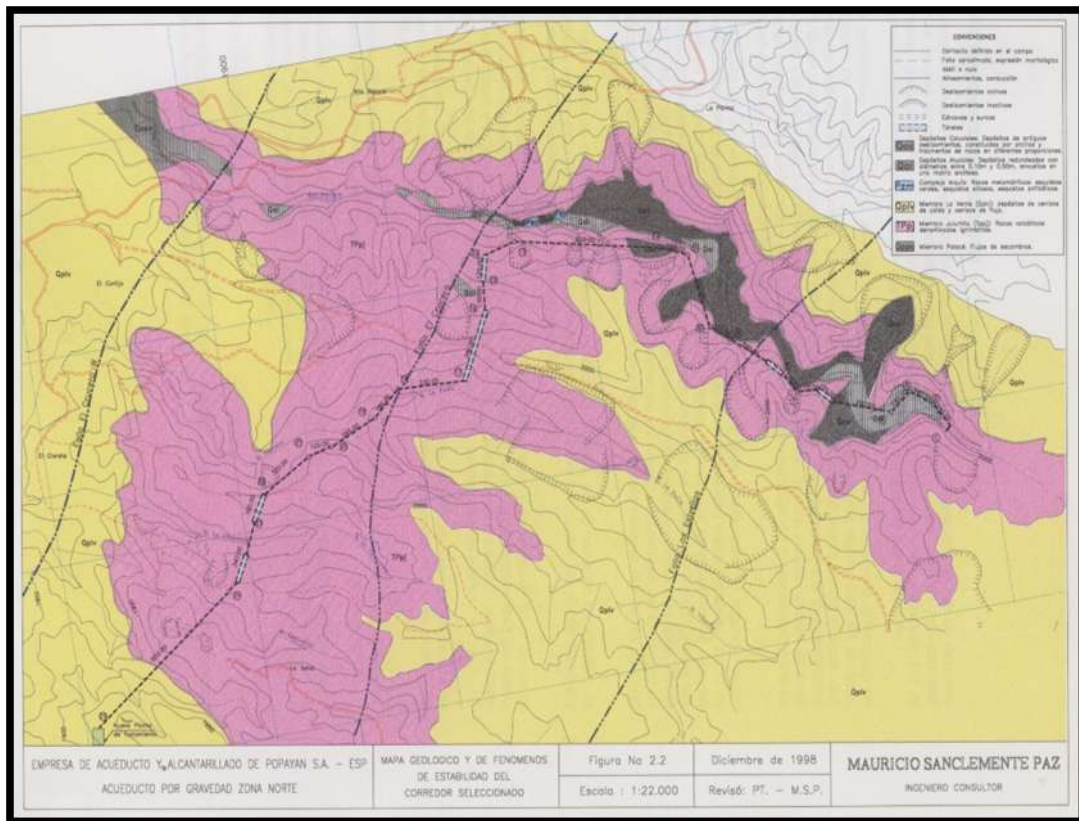
Amenaza	Fuente de riesgo	Calificación	Color
Movimientos en masa	<ul style="list-style-type: none"> Deslizamientos identificados en campo. Mapa de pendientes de la cuenca Molino, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). 	Probable	
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales adquiridos del IDEAM para el periodo comprendido entre 1965-2010 Informe final de las Memorias de Cálculos Hidráulicos y Eléctricos del acueducto por gravedad para la zona norte de Popayán. 	Posible	
Avalanchas	<ul style="list-style-type: none"> Informe final geología y geomorfología del acueducto por gravedad para la zona norte de Popayán. 	Posible	
Sequias	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros históricos de los caudales por el método gráfico con la formula empírica de Weibull. Análisis de los registros históricos de los caudales adquiridos del IDEAM para el periodo comprendido entre 1965-2010 Informe final de las Memorias de Cálculos Hidráulicos y Eléctricos del acueducto por gravedad para la zona norte de Popayán. 	Probable	
Antrópicas			
Contaminación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de puntos críticos observados en campo. 	Posible	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento hecho en campo 	Posible	
Atentado dinamitero	<ul style="list-style-type: none"> Identificación en campo de puntos críticos (tuberías expuestas). 	Posible	
Abandono	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de mantenimiento observados durante las salidas de campo 	Probable	

Fuente: Propia del estudio

❖ Fuentes de riesgos

Sismos. Para determinar el grado de amenaza por sismos en la línea de conducción se recurre al informe final de geología y geomorfología del acueducto por gravedad de la zona norte de Popayán, donde se encuentra en un mapa a escala 1:22.000 información fundamental de las fallas geológicas que muestra como el sistema de conducción del agua cruda atraviesa dichas fallas. Figura 18.

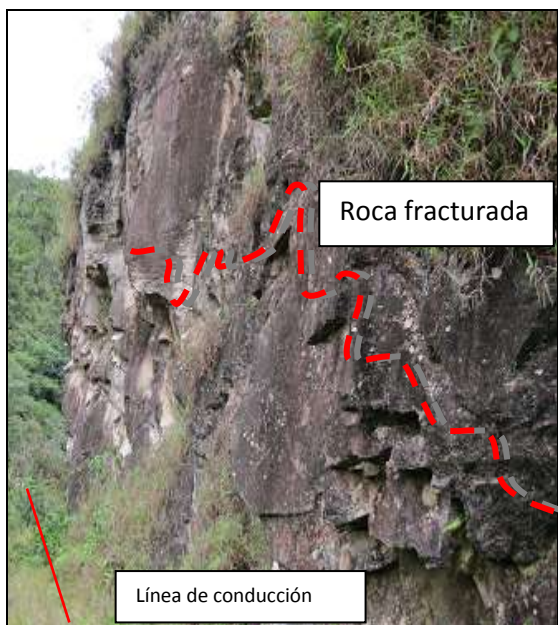
Figura 24. Mapa geológico y de fenómenos de estabilidad del corredor seleccionado



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P.

De la figura se determina que las fallas Las Estrellas y El Crucero son atravesadas por la línea de conducción aproximadamente en la abscisa K1+500 y en el cruce de la quebrada La Paila respectivamente. Aunque estas presentan fuertes rasgos de actividad tales como silletas, escarpes y quiebres del terreno, en la actualidad no hay indicios de presentar fuertes efectos en la zona de estudio, además el corredor seleccionado para la ejecución del proyecto presenta menor acción de las grandes fallas. Otro factor que se tiene en cuenta para esta calificación es la evidencia encontrada en campo, donde se notan alteraciones en los taludes próximos a la línea de conducción Figura 25.

Figura 25. Talud línea de conducción Palace

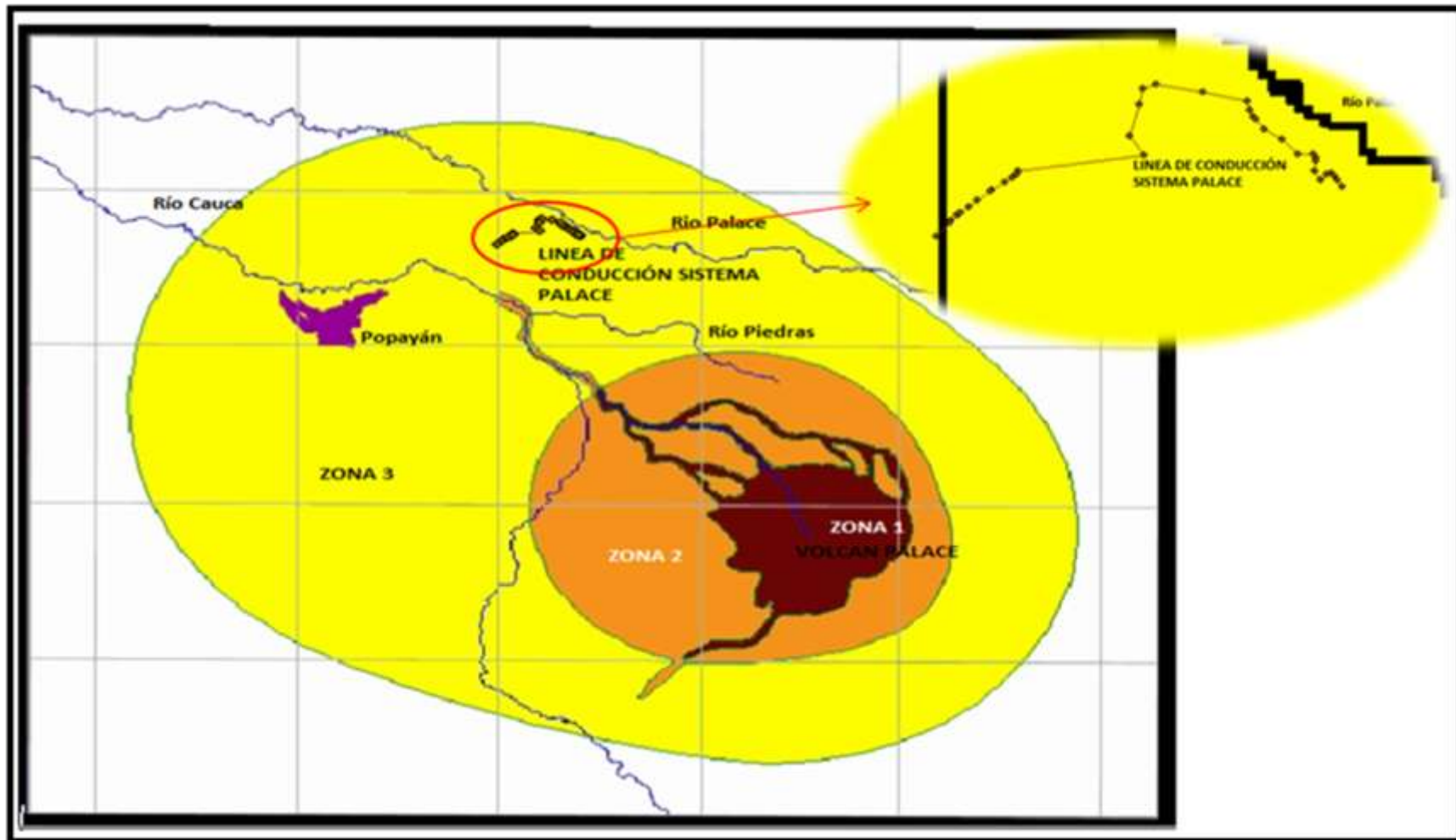


Fuente: Propia del estudio

Por estas razones y de acuerdo a la metodología adoptada el comportamiento de esta amenaza se califica como **posible**, ya que no existen razones históricas y científicas para creer que no sucederá.

Erupciones volcánicas. De manera similar a los otros dos sistemas de acueducto se tiene en cuenta la información para establecer la calificación de esta amenaza para el sistema Palacé, encontrando que el volcán Puracé se encuentra activo en un estado base, que se caracteriza por un estado de reposo o quietud, y que la línea de conducción se encuentra ubicado en la zona 3 de influencia volcánica, la cual corresponde a amenaza baja donde se reportan caída de cenizas con acumulaciones de centímetros a milímetros y crecientes del río Cauca producidas por represamiento de material volcánico en la parte alta y ondas de choque (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), 1999), se analiza que este evento puede suceder, ya que no existen razones históricas y científicas para decir que no sucederá, por esto el comportamiento es calificado como **posible**.

Figura 26. Mapa de Influencia volcanica del Puracé con la linea de conducción del sistema Palacé



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa influencia del volcán Puracé, INGEOMINAS)

Movimientos en masa. Para el análisis de este punto se considera la misma documentación e información utilizada en los anteriores sistemas, es así como se identifica el tipo de relieve y el rango de pendiente para el sistema obteniendo un relieve *fuertemente ondulado* y un valor de pendiente de 14,2 grados. Como se mencionó anteriormente el relieve determina la ocurrencia o no del fenómeno, es decir, en los relieves planos o ligeramente ondulados no se producen deslizamientos tan frecuentes y severos como se producen en relieves ondulados, fuertemente ondulados, quebrados y escarpados. En relación con las pendientes, las suaves (0-10 grados) no favorecen su ocurrencia, siendo más susceptibles a partir de los 10 grados y alcanza su valor máximo de susceptibilidad a partir de los 30 grados, por tanto, aunque se presenta el mismo relieve, para este sistema se identificaron siete puntos de deslizamiento de los cuales dos son los más severos debido a que son deslizamientos de rocas que generan sobrepeso a la línea de conducción (Anexo F), situación que empeora debido a la humedad del suelo generada por la escorrentía y poco drenaje de las zonas. De esta manera como existen razones y argumentos técnicos para creer que sucederá el comportamiento de esta amenaza se califica como **probable**.

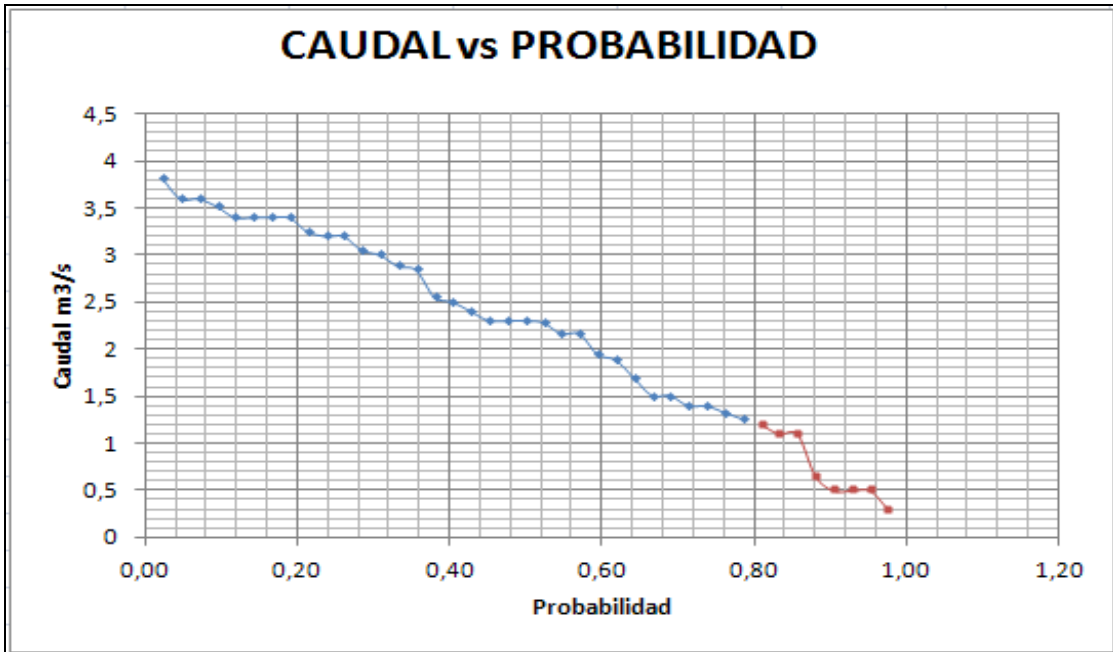
Inundaciones. Para determinar el comportamiento de esta amenaza se recurre al informe final de las memorias de cálculos hidráulicos y eléctricos del acueducto por gravedad de la zona norte de Popayán, donde se establece el caudal máximo de diseño de la presa vertedora de la bocatoma en un valor de 96,04 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, al ser este caudal el máximo soportado por la estructura de captación, se establece como el caudal mínimo con el que se presenta una inundación.

Con el fin de determinar si este evento se ha manifestado en este sistema se toman en cuenta los registros de los caudales reportados por IDEAM en la estación Puente Carretera para el periodo comprendido entre 1965 a 2010 (Anexo G), donde se encontró que este caudal no se ha presentado y que el periodo de retorno no está comprendido dentro de los registros existentes, además ya que la estructura fue diseñada en los últimos años donde experiencias anteriores proporcionaron la capacidad de anticiparse a los efectos de este evento, dotándola de estructuras que permiten la evacuación de caudales excesivos. Por lo tanto la probabilidad de que se presente una inundación es baja y es así como el comportamiento de esta amenaza de acuerdo a la metodología empleada se califica como posible.

Sequías. Ya que la bocatoma tiene capacidad para 1,25m³/s, se consideran críticos los caudales con valores inferiores. Figura 27, lo que indica que en épocas de estiaje el caudal es directamente proporcional a la probabilidad, encontrando un rango de probabilidad entre 0,81 - 0,98, presentándose una vez por año figura 28, por lo tanto la materialización de este evento tiene alta probabilidad y presenta un tiempo de retorno corto; sin embargo, la zona

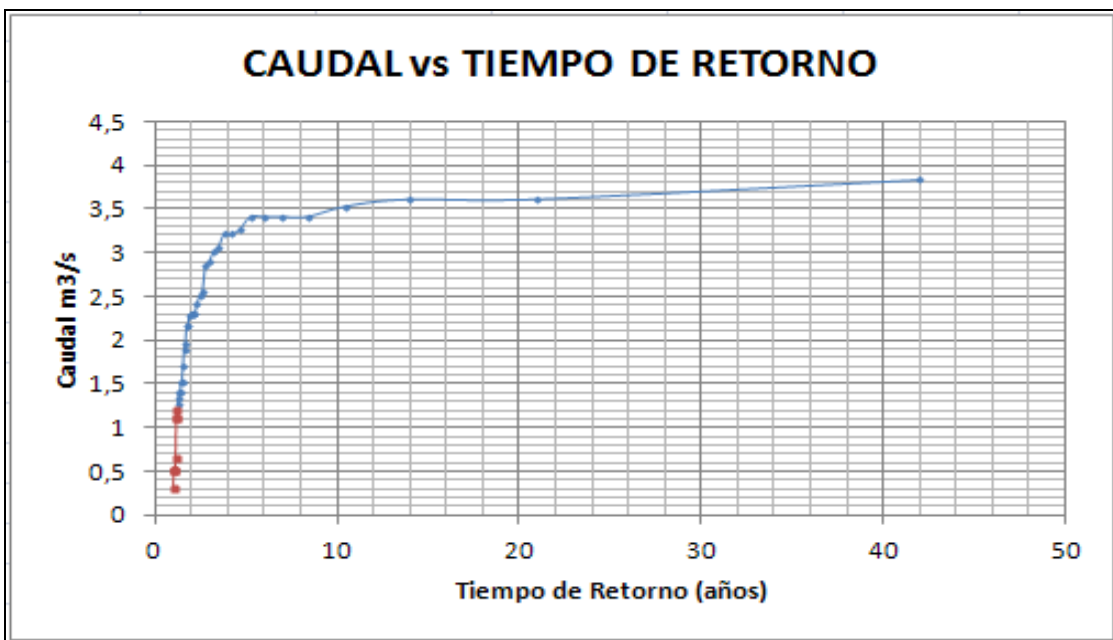
abastecida por este sistema puede ser suplida por el sistema Tablazo, de esta manera el comportamiento se califica como **probable**..

Figura 27. Determinación de la probabilidad del caudal mínimo en la bocatoma del sistema Palace



Fuente: Propia del estudio

Figura 28. Determinación del tiempo de retorno de los caudales mínimos en la bocatoma del sistema Palacé



Fuente: Propia del estudio

Avalanchas. Aunque este evento no ha afectado los componentes del sistema, gracias a la descripción realizada sobre fenómenos de inestabilidad, en el informe final de geología y geomorfología del acueducto por gravedad para la zona norte de Popayán, se tiene que la parte alta de la cuenca presenta deterioro por procesos de erosión como son las cárcavas, surcos, erosión por actividad humana, deslizamientos y reptación, a los cuales se les ha realizado labores correctivas con el fin de minimizar la ocurrencia de este evento, pero aun así el sistema no está exento a sufrir daños por este tipo de amenaza, ya que no existen razones científicas e históricas para afirmar que no sucederá el comportamiento de esta amenaza se califica como **posible**.

Contaminación hídrica. Para establecer la evaluación de esta amenaza se toma como base fundamental el reconocimiento realizado en campo donde se observó que los componentes del sistema no cuentan con vigilancia constante, aumentando de esta manera la posibilidad y el espacio adecuado para que ocurra este tipo de situación, además no se cuenta con poblaciones o comunidades cercanas que puedan informar de actividades o personas poco frecuentes en la zona. Por lo tanto su comportamiento se califica como **posible**.

Deterioro y debilitamiento de estructuras. La calificación del comportamiento para esta amenaza, se basa en el hecho que con el paso de los años todo material que se encuentra en la intemperie, sufre cambios constantes que alteran su estabilidad si no recibe labores de mantenimiento preventivo de manera periódica, aunque la entrega de esta obra fue en abril de 2011 y hasta ahora esta amenaza no lo afectado, se puede decir que no existen razones científicas e históricas para creer que no sucederá, por lo tanto de acuerdo a la metodología adoptada el comportamiento se califica como **posible**.

Atentado dinamitero. La evaluación de este evento se basa en la identificación realizada en campo, donde se determinó que este sistema cuenta con poca vigilancia y que existen tramos en la línea de conducción que se encuentran expuestas debido al tipo de suelo y a la topografía presentes que no permitieron el cumplimiento estricto de las normas para garantizar la protección de las tuberías cuadro 29, por estas razones la calificación para esta amenaza es **probable**.

Cuadro 29. Tramos expuestos de la línea de conducción del sistema Palace

Tramo		Coordenadas	
		N	W
Tubería elevada viaducto río Palace (Anexo F)	inicio	2,503698	-76,507457
	final	2,593885	-76,507748
Tubería elevada, paso 1 (Anexo F)	inicio	2,496592	-76,531968
	final	2,496487	-76,532115

Cuadro 29 (Continuación)

Tramo		Coordenadas	
		N	W
Tubería elevada paso 2 (Anexo F)	inicio	2,494229	-76,535086
	final	2,49414	-76,535199
Tubería elevada paso3(Anexo F)	Inicio	2,493581	-76,535839
	final	2,493581	-76,535839

Fuente: Propia del estudio

Abandono. Cuando una estructura ha sido afectada por una amenaza que ponga en riesgo su estabilidad y funcionamiento, se hace necesario desarrollar labores de corrección de forma oportuna para evitar que los daños se puedan aumentar, en el caso de este sistema se pudieron identificar en la salida de campo deslizamientos antiguos cuyo material se encontraba generando peso extra para la línea de conducción el cual aún no había sido removido del lugar (Anexo F) pudiendo causar el colapso de estos tramos, por estas razones el comportamiento de esta amenaza de acuerdo a la metodología es **probable**, ya que corresponde a un fenómeno esperado del cual existen razones y argumentos técnicos, científicos para creer que sucederá.

4.3.3 Análisis de vulnerabilidad

Cuadro 30. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema Palacé

Elementos expuestos	Observación
1. Personal	
1.1 Organización	
¿Existe una política de Gestión del Riesgo para garantizar la prevención y preparación para afrontar una emergencia en la división de producción de la empresa?	Parcial
¿Existen planes de acción para realizar labores preventivas?	No
¿Existen planes de acción para atender las diferentes emergencias?	No
¿Se adelantan ejercicios de actualización de los planes de acción?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de intensos inviernos (fenómeno de la niña)?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de estiaje (fenómeno del niño)?	No
¿Se encuentra asignado personal para las labores de mantenimiento de los componentes del sistema?	No
¿Al materializarse un evento se tienen establecidas las funciones de atención para corregir los daños?	No
¿Existe personal con responsabilidades específicas de acuerdo al componente afectado?	Parcial
¿Se realizan inspecciones periódicas de los diferentes componentes del sistema?	Parcial
¿Existen instrumentos o formatos para identificar y registrar condiciones inseguras que puedan generar emergencias?	No
¿Realizan registro de los eventos presentados en el sistema?	No
1.2 Capacitación	
¿Existen jornadas de capacitación para la prevención y atención de emergencias?	Si

Cuadro 30 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿El personal técnico de la empresa se encuentra capacitado para atender los eventos que afectan los componentes del sistema?	Parcial
¿Las capacitaciones se realizan periódicamente?	Parcial
¿Se brindan jornadas de capacitación para identificar las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Existen jornadas de capacitación para la realización de labores preventivas ante los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Se realizan talleres con el fin de establecer las labores correctivas?	No
1.3 Dotación	
¿El coordinador y el personal asignado para atender las emergencias cuentan con equipo de comunicación eficiente?	Si
¿El personal asignado para atender las emergencias cuenta con los elementos de protección exigidos?	Si
2. Recursos	
2.1 Materiales	
¿Se cuenta con cinta de acordonamiento o balizamiento?	Si
¿Se cuenta con reservas de tuberías para realizar la reposición en caso de daños?	Si
¿Las tuberías se encuentran almacenadas de acuerdo a la normatividad exigida?	Parcial
2.2 Equipos	
¿Se cuenta con programa de mantenimiento preventivo para los equipos?	No
¿Se encuentra con maquinaria pesada para la recuperación de las áreas afectadas?	Si
¿Hay disponibilidad de herramientas para labores de mantenimiento y recuperación?	Si
2.3 Presupuesto	
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales cuando los materiales destinados para las labores normales no son suficientes para restablecer el funcionamiento habitual del sistema?	Si
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales para contratar personal temporal cuando se presentan afectaciones significativas, donde el personal de la empresa no es suficiente?	Si
¿En caso de generarse un evento que necesite de maquinaria adicional se cuenta con el presupuesto para disponer de ella?	Si
3. Componentes	
3.1 Bocatoma	
3.1.1 Sismos	
¿Este componente está bajo las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	Si
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencia fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	Si
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.1.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la bocatoma?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una erupción volcánica?	Parcial
3.1.3 Movimientos en masa	
No se presenta para este componente	

Cuadro 30 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
3.1.4 Avalanchas	
¿Se tienen identificados los puntos de deslizamiento que puedan generar acumulación de material aguas arriba de la bocatoma y desencadenar una avalancha?	Si
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan obras para el control de material caído o deslizado sobre el cauce del río en la parte alta de la cuenca?	Parcial
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	No
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma?	Si
3.1.5 Inundaciones	
¿Se tienen control de los caudales en la zona de la bocatoma?	Si
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	Parcial
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	No
¿Se realizan limpiezas diarias de las rejillas de entrada de agua por la bocatoma?	No
3.1.6 Sequias	
¿Se cuenta con estructuras alternas de captación?	Si
¿Se tienen programas para la conservación de la cuenca?	Si
3.1.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la bocatoma?	No
¿El área de la bocatoma se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.1.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Las válvulas de cierre de la bocatoma se encuentran en buen estado?	Si
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la bocatoma?	Si
3.1.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la bocatoma?	No
3.1.10 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento preventivo para las válvulas de cierre?	Si
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	Si
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
3.2 Aducción	
3.2.1 Sismos	
¿La estructura soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	Si
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismo resistencia?	Si
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencia fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	Si
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.2.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una erupción volcánica?	Parcial
3.2.3 Movimientos en masa	

Cuadro 30 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se supervisa rutinariamente los taludes que rodean la estructura?	Si
¿Se cuenta con sistemas de alarma temprana?	No
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
3.2.4 Inundaciones	
¿En las épocas de intensas lluvias se tiene control del arrastre de material en la canal?	Si
¿En la temporada de invierno se tiene control del desgaste del canal por incremento del caudal y la velocidad del agua?	Parcial
3.2.5 Avalanchas	
¿Se realizan labores de mantenimiento para las válvulas de cierre de la bocatoma de modo que si se presenta el evento se pueda realizar un cierre oportuno y no afecte la aducción?	Si
3.2.6 Sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la aducción del sistema	
3.2.7 Contaminación hídrica	
¿Se cuenta con vigilancia constante en la zona?	No
¿El área de la aducción se encuentra deshabitada (poblaciones)?	Si
3.2.8 Deterioro y debilitamiento de equipos	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico al canal de aducción?	Parcial
3.2.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en el canal de aducción?	No
3.2.10 Abandono	
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la estructura?	Parcial
¿Cuándo se presentan daños la reparación se hace de forma oportuna?	Parcial
¿Se realizan labores de limpieza de la estructura, terrenos aledaños y sus vías de acceso?	Parcial
¿Se realiza mantenimiento periódico de la estructura?	Parcial
3.3 Conducción	
3.3.1 Sismos	
¿La tubería soporta las deformaciones y esfuerzos producidos por un sismo?	Si
¿Este componente está construido bajo las Normas Colombianas de sismo resistencia?	Si
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas de la zona?	Si
¿En los puntos donde se evidencian fallos en el suelo se han tomado medidas para reducir los efectos?	Si
¿Se cuenta con el estudio de la litografía de la zona?	Si
3.3.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicada la estructura?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas ante una explosión volcánica?	Parcial
3.3.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa rutinariamente los taludes aledaños?	Parcial
¿Se tienen identificados los puntos donde se presentan los deslizamientos?	Si
¿Cuándo los deslizamientos ocurren la limpieza de ellos se hace oportunamente impidiendo que el efecto del evento sea mayor?	Parcial
¿Antes de épocas de invierno se realizan medidas preventivas?	No
¿Se realizan obras para el control de la erosión?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de suelos en esta zona?	Si


Cuadro 30 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se realiza control de drenaje e infiltración en el terreno que soporta la línea de conducción?	No
3.3.4 Inundaciones	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.5 avalanchas	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.6 sequias	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.7 contaminación hídrica	
Este evento no tiene ningún efecto para la conducción del sistema	
3.3.8 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿La línea se encuentra a una profundidad mínima de 1.0 metro en áreas de cultivo y cruces de carretera?	Si
¿En los tramos donde la línea de conducción cruza carreteras, cuenta con la estructura adecuada para su protección?	Si
¿La tubería se encuentra a una profundidad mínima para su protección y aislamiento térmico?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de la tubería y sus uniones?	Parcial
3.3.9 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia continua en la zona?	No
¿Todo el trazado de la línea de conducción se encuentra enterrado de modo que sea menos propenso a este tipo de amenaza?	No
3.3.10 Abandono	
¿Se realiza mantenimiento periódico de la tubería?	No
¿Se realizan limpiezas periódicas del terreno en la línea de conducción?	Parcial
¿En las épocas de invierno se tienen planes de mantenimiento y limpieza a los terrenos?	No


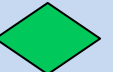
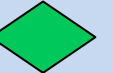
Fuente: Propia del estudio

4.3.4 Nivel de riesgo

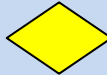
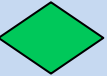

Cuadro 31. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema Palacé

Aspectos vulnerables a calificar	Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
	Bueno	Regular	Malo			
Personas						
Organización			1.0	1.0	Las dependencias encargadas de la bocatoma y los componentes de la línea de conducción, no cuentan en totalidad con los planes o políticas para la prevención, atención y mitigación de los eventos amenazantes	
Capacitación			1.0	1.0	La preparación del personal es ineficiente para las labores de prevención y mitigación ante los eventos amenazante y lo más importante para el análisis de esta investigación se determina que no se realizan capacitaciones alternas para las afectaciones de los fenómenos ENOS	
Dotación	0			0	La empresa cuenta con los equipos de protección necesarios y con equipos de comunicación eficientes (radioteléfonos, celulares)	
Subtotal				2.0	La calificación para la vulnerabilidad de las personas es media .	
Recursos						
Materiales	0			0	Se disponen de los insumos para realizar las reparaciones ante los eventos	
Equipos		0,5		0,5	Se cuenta con las herramientas y maquinaria para atender las eventualidades, sin embargo presentan deficiencias en el mantenimiento preventivo de los mismos.	
Presupuesto	0			0	La empresa cuenta con un presupuesto, del cual puede recurrir en caso de eventualidades.	




Cuadro 31 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los recursos es baja .	
Componentes							
Sismos	Bocatoma	0			0	Debido a que este sistema fue construido recientemente se consideraron las medidas preventivas ante esta amenaza, contando con los estudios de parámetros influyentes en la disminución de la vulnerabilidad, permitiendo una mejor respuesta del sistema.	
	Aducción	0			0		
	Conducción	0			0		
Subtotal					0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los sismos es baja .	
Erupciones volcánicas	Bocatoma		0,5		0,5	Se cuenta con la identificación de las zonas de influencia volcánica, pero no se tienen claras las labores de corrección haciendo aumentar la vulnerabilidad.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción	0			0		
Subtotal					1,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las erupciones volcánicas es baja .	
Movimientos en masa	Bocatoma	0			0	No se presenta para este componente.	



Cuadro 31 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
	Aducción		0,5		0,5	Las medidas preventivas se realizan de forma parcial, además Las medidas correctivas no se brindan de forma oportuna y no se cuenta con sistemas de alarma temprana lo cual hace que aumente su vulnerabilidad.	
	Conducción			1,0	1,0		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los movimientos en masa es media	
Inundaciones	Bocatoma	0			0	Ya que esta estructura se diseñó e inauguró en el 2011 lo que se toma en cuenta los fenómenos extremos para su diseño, con el fin de que soportara y no resultara afectada como ha sucedido en los otros sistemas.	
	Aducción	0			0	No tiene efecto para estos componentes.	
	Conducción	0			0		
Subtotal					0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las inundaciones es baja .	
Sequias	Bocatoma		0,5		0,5	Cuenta con los planes de conservación de la cuenca, pero no cuenta con estructuras alternas de abastecimiento.	
	Aducción	0			0	No se ve afectado por este evento.	
	Conducción	0			0		
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las sequias es baja .	

Cuadro 31 (Continuación)


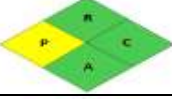
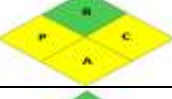
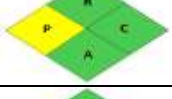
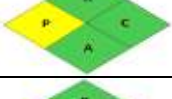
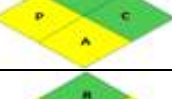
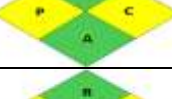

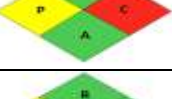

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Avalanchas	Bocatoma		0,5		0,5	Este evento se presenta en época invernal, cuenta con planes de prevención y corrección de manera parcial, pero este sistema cuenta con una alternativa que garantiza el abastecimiento a los usuarios.	
	Aducción	0			0	Este evento no afecta este componente.	
	Conducción	0			0		
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las avalanchas es baja .	
Contaminación hídrica	Bocatoma			1,0	1,0	No se cuenta con vigilancia permanente y el ingreso se permite sin restricciones, además se encuentra alejada de la ciudad.	
	Aducción			1,0	1,0		
	Conducción	0			0	Este evento no afecta este componente.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante una contaminación hídrica es media .	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	Bocatoma		0,5		0,5	Los planes de prevención ante este evento se realizan de forma parcial, aunque se cuenta con un punto a favor, ya que este sistema tiene ---- años de construido y su estructura se encuentra en buen estado, por lo que su deterioro será a largo plazo.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción		0,5		0,5		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el deterioro y debilitamiento de estructuras media .	
Atentado dinamitero	Bocatoma			1,0	1,0	No cuenta con vigilancia constante.	
	Aducción			1,0	1,0		

Cuadro 31 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
	Conducción			1,0	1,0	Existen tramos de la tubería que se encuentran expuestas, además no cuenta con vigilancia permanente	
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante un atentado dinamitero es alta .	
Abandono	Bocatoma		0,5		0,5	Para este sistema hasta el momento no se encuentra asignado personal que realice las labores de mantenimiento.	
	Aducción		0,5		0,5		
	Conducción		0,5		0,5	No se realizan labores de mantenimiento al componente y al terreno de influencia, además los eventos como los deslizamientos no son corregidos de manera oportuna.	
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el abandono es baja .	

Fuente: Propia del estudio

Cuadro 32. Calificación del nivel de riesgo para el sistema Palacé

Amenaza	Diamante de riesgo	Interpretación
Sismos		Bajo
Erupciones volcánicas		Bajo
Movimientos en masa		Medio
Inundaciones		Bajo
Avalanchas		Bajo
Sequias		Bajo
Contaminación hídrica		Bajo
Deterioro y debilitamiento de estructuras		Bajo
Atentado dinamitero		Medio
Abandono		Bajo

Fuente: Propia del estudio

El nivel de riesgo que predomina para la mayoría de las amenazas es **bajo**, ya que en la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos como los recursos (materiales, equipos, presupuesto), los componentes (bocatoma, aducción, conducción) y algunos de los comportamientos de las amenazas presentan el nivel más bajo (verde), esto debido a que el diseño de este sistema de acueducto es reciente por lo tanto cuenta con las especificaciones técnicas que disminuye de manera significativa la vulnerabilidad ante cada una de las amenazas.

Para las amenazas como movimientos en masa y atentado dinamitero, la calificación del riesgo es **medio** ya que se encontraron puntos en los recorridos donde la vulnerabilidad física de los componentes se ve alterada, en el caso de la amenaza movimientos en masas las zonas de deslizamientos que predominan son en roca y aunque el sistema cuente con las especificaciones técnicas de diseño, la cercanía a estos puntos aumenta la vulnerabilidad; para

el caso del atentado dinamitero básicamente la calificación se debe a la cantidad de viaductos y tramos de la tubería expuestos que gracias a la soledad y poca vigilancia también afecta la calificación de la vulnerabilidad dando como resultado un nivel de riesgo más elevado.

4.4 SISTEMA ALCANTARILLADO

4.4.1 Identificación de las amenazas. La identificación de las amenazas para este sistema se realizó con base en los planes de gestión de riesgo desarrollados por la división de alcantarillado de la Empresa, además de criterios y reglamentos que sugieren amenazas para estos sistemas. Al contrastarse esta información con las salidas de campo se obtuvieron las siguientes:

Cuadro 33. Amenazas del sistema de alcantarillado de Popayán

Amenaza		Identificadas en campo	Adoptadas por criterios
Naturales	Geológicas	Sismos	X
		Erupciones volcánicas	X
		Movimientos en masa	X
	Hidrología	Inundaciones	X
Climáticas	Sequias		X
Antrópicas		Flujo de escombros y residuos sólidos	X
		Deterioro y debilitamiento de estructuras	X
		Atentado dinamitero	

Fuente: Propia del estudio

4.4.2 Estimación de la probabilidad de las amenazas. La calificación de las amenazas se determina por su comportamiento (Cuadro 5.), teniendo en cuenta bases teóricas existentes que permitan disminuir el grado de subjetividad, así:

Cuadro 34. Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas del sistema de alcantarillado

Amenaza	Fuente de riesgo	Calificación	Color
Natural			
Sismo	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de microzonificación sísmica de Popayán, Estudio de las fallas geológicas de Popayán 	probable	
Erupciones volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> Área de influencia de los volcanes cercanos a la zona de estudio. 	Posible	
Movimientos en masa	<ul style="list-style-type: none"> Registros de la división de alcantarillado de la empresa. Evidencia encontrada en campo. 	Inminente	
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> Registros existentes de la división de alcantarillado de la empresa. Registros del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán. Capacidad de los colectores Cercanía a ríos y quebradas Evidencia encontrada en campo. 	Inminente	
Sequias	<ul style="list-style-type: none"> Registros existentes de la división de alcantarillado de la empresa. Registros del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán. Evidencia encontrada en campo. 	Posible	
Antrópicas			
Flujo de escombros y residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Registros existentes de la división de alcantarillado de la empresa. Evidencia encontrada en campo. 	Inminente	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del plan de reposición de redes desarrollado por la división de alcantarillado Evidencia encontrada en campo. 	Probable	
Atentado dinamitero	<ul style="list-style-type: none"> Evidencia encontrada en campo. Características físicas de las redes de alcantarillado. 	Probable	

Fuente: Propia del estudio

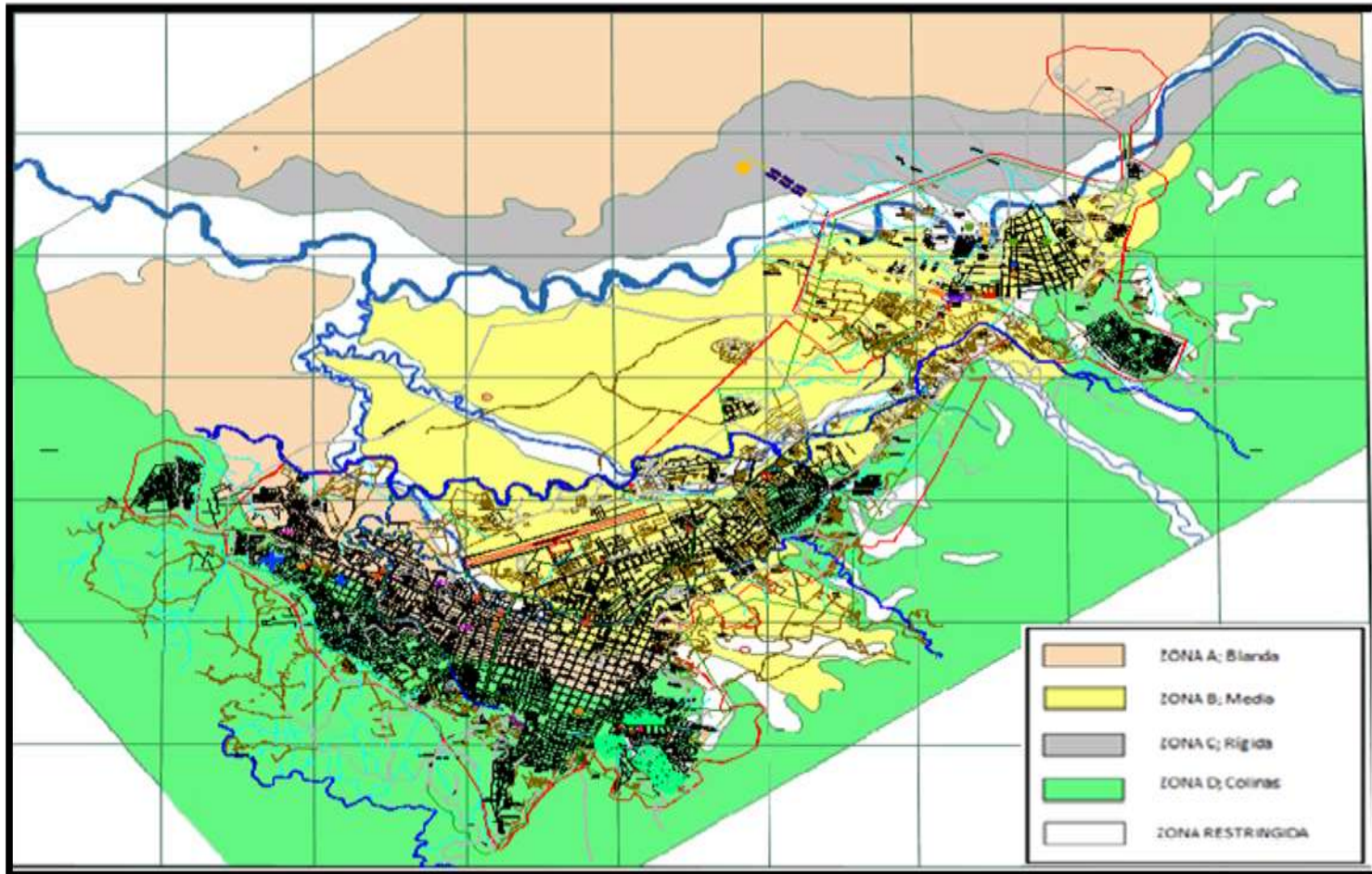
❖ Fuentes De Riesgo

Sismos. Para determinar el grado de amenaza por sismos se recurre al estudio de microzonificación sismogeotécnica de Popayán, donde se encuentra información fundamental de las fallas geológicas y los tipos de suelo de la ciudad. Encontrando que Popayán se encuentra ubicada sobre diferentes tipos de suelos donde las zonas más vulnerables son las comunas 4, 5 y 8 que se encuentran sobre suelo blando correspondiente en la zona A, los cuales están cubiertos por depósitos sedimentarios geológicamente recientes, acumulados sobre la planicie, con la característica de que las ondas sísmicas presentan una

menor longitud y mayor amplitud, causando una agitación superior de la superficie del suelo.

Las comunas 1,2, 3 y la parte norte de la comuna 4 se ubican en suelo medio (zona B) los cuales presentan menor resistencia que el suelo de la zona A. Mientras que las comunas 6,7 y la ciudadela la Paz de la comuna 2 se encuentra ubicada sobre el suelo de la zona del cual presenta una mejor respuesta ante este tipo de evento ya que la longitud de la onda sísmica es mayor que la amplitud causando un movimiento más leve en la superficie que las anteriores.

Figura 29. Mapa de microzonificación de la ciudad de Popayán



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa del estudio de Microzonificación Sísmogeotécnica de Popayán, INGEOMINAS).

Por otro lado para desarrollar el objetivo establecido para este sistema, que corresponde al análisis de los colectores principales y de los puntos críticos identificados en campo, se sobreponen sobre el mapa de las fallas geológicas estos componentes encontrando la siguiente situación:

Cuadro 35. Identificación de fallas geológicas para los colectores principales del sistema de alcantarillado

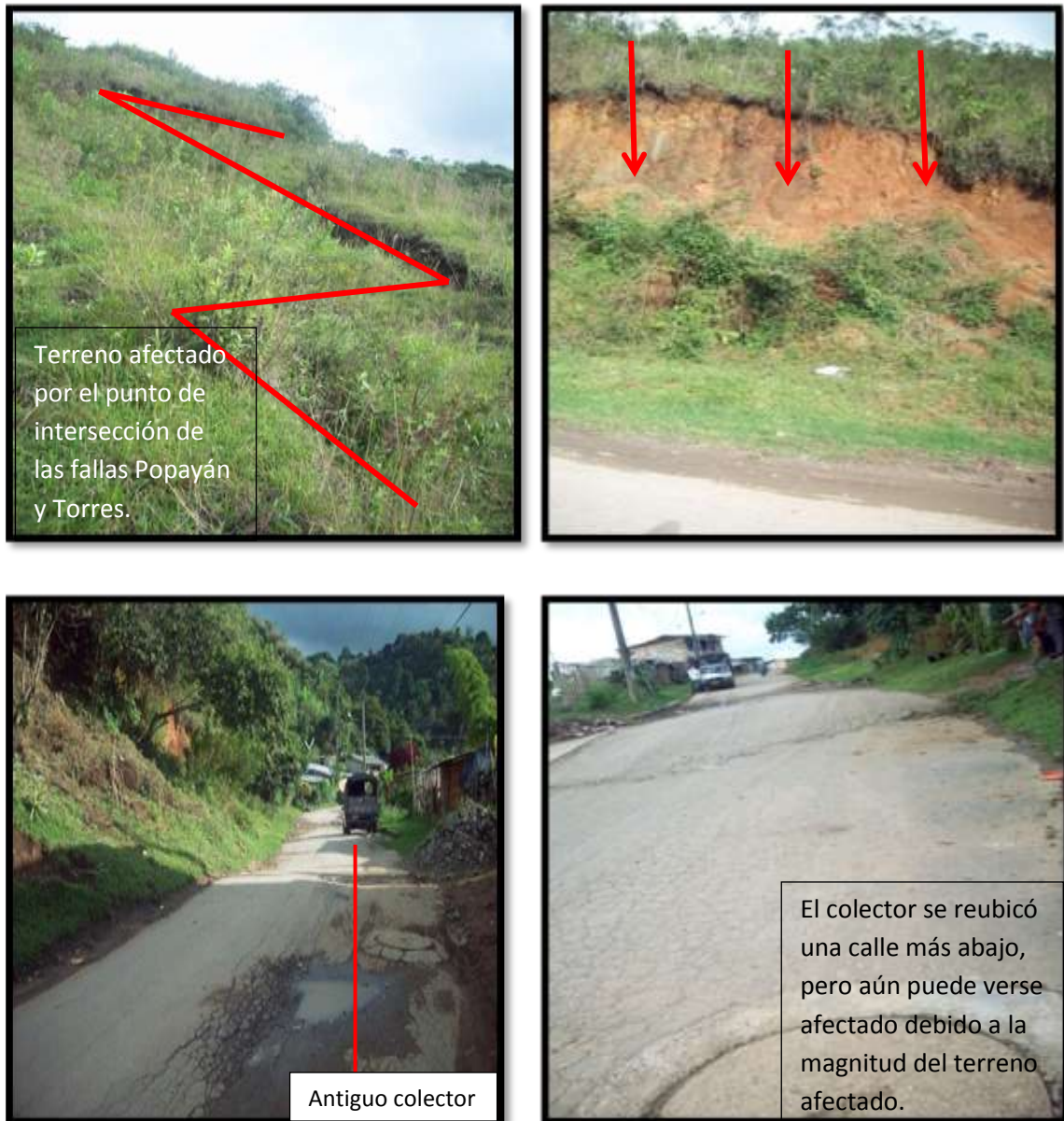
Colector	Fallas	Punto de intercepción
Colector quebrada Pubús	Falla de Torres	<ul style="list-style-type: none"> • Frente al barrio Corsocial y la quebrada Pubús. • Entre el barrio Munich y Germania • Desde el barrio solidaridad hasta La Villa del Sur el colector se ubica sobre la falla
	Falla Rosas-Julumito	<ul style="list-style-type: none"> • Entre barrio Lomas de Granada y la bomba de servicio de Trans Tambo
	Falla Cauca Almaguer	<ul style="list-style-type: none"> • Frente al barrio Las Palmas
Interceptor derecho e izquierdo del río ejido	Falla Puente Julumito	<ul style="list-style-type: none"> • El barrio Kennedy entre las carreras 29 y 30 • Al finalizar el colector atraviesa la falla en la calle 17 con carrera 3
	Falla Popayán	<ul style="list-style-type: none"> • En el barrio Alfonso López calle 17 con carrera 3
	Falla Popayán W	
Interceptor derecho e izquierdo del río Molino	Falla Popayán W	<ul style="list-style-type: none"> • Entre el barrio Bolívar y la parte posterior del CDU Tulcán.
Colector río Cauca-Machangara	Falla Popayán W	<ul style="list-style-type: none"> • Parte posterior del centro comercial Campanario (canchas)
Colectores etapas posteriores sector norte	Falla Cauca Almaguer	<ul style="list-style-type: none"> • Después del puente del río Cauca en la variante vía al sur
Interceptor derecho río Cauca sector I y sector II	Falla Popayán W	<ul style="list-style-type: none"> • Frente a la urbanización Campo Bello
	Falla Popayán	<ul style="list-style-type: none"> • Barrio Altos de Pubenza
	Falla Popayán E	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto urbanización los robles
Interceptor final del norte sector I y sector II	<ul style="list-style-type: none"> • No atraviesa fallas 	
Interceptor Quitacalzón sector I, II y III	Falla Popayán W	<ul style="list-style-type: none"> • Entre la Arboleda y Praderas del Norte
Colector Chamizal sector I, II y sector III	Falla Popayán w	<ul style="list-style-type: none"> • Variante Panamericana entre el conjunto cerrado La Rioja y el barrio Atardeceres de la Pradera
Interceptor punta larga sector I, II y III	Falla Popayán W	<ul style="list-style-type: none"> • Barrio la Esperanza
Interceptor Garrochal	<ul style="list-style-type: none"> • No atraviesa fallas 	

Fuente: Propia del estudio

Al considerar que el sistema de alcantarillado atraviesa la mayoría de las fallas geológicas presentes en la ciudad, que gran parte del sistema no cuenta con las especificaciones técnicas necesarias para soportar los esfuerzos generados

por los sismos que se encuentran asociados a las fallas y a las evidencias encontradas en campo figura 30 el comportamiento para esta amenaza de acuerdo a la metodología adoptada se califica como **probable**.

Figura 30. Desplazamiento del terreno en el barrio El Boqueron

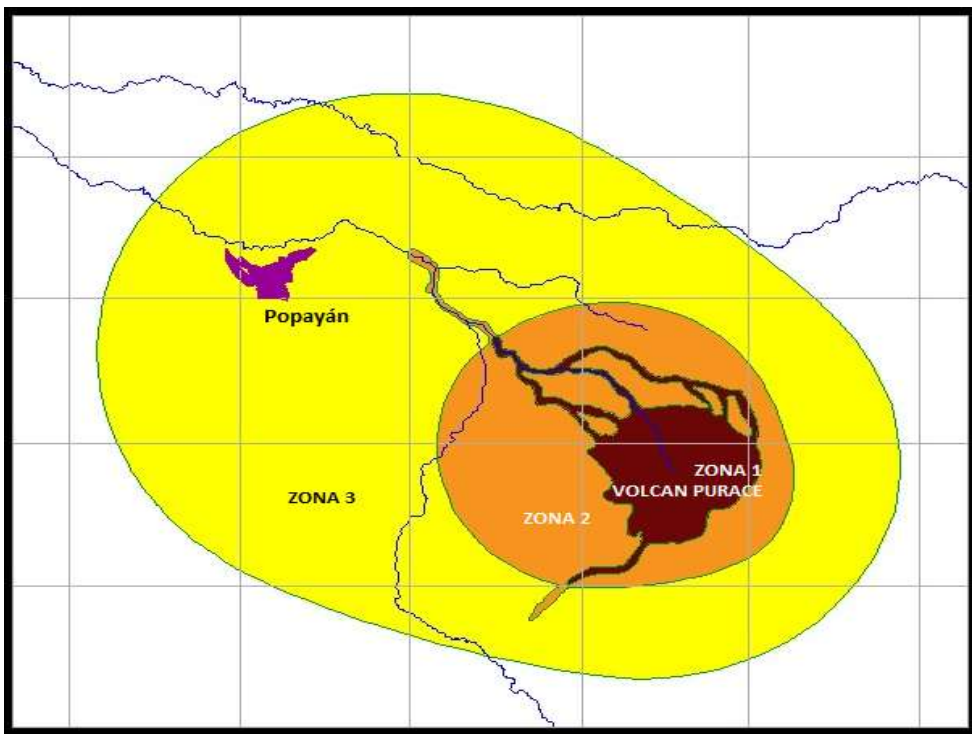


Fuente: Propia del estudio

Erupciones volcánicas. De acuerdo al mapa de influencia del volcán Puracé figura 31, la ciudad de Popayán está ubicada dentro de la zona 3, donde se presentan caída de cenizas con acumulaciones de centímetros a milímetros que pueden generar obstrucciones en los colectores, presentando problemas a la población debido a que las aguas son rebosadas y que el sistema de

alcantarillado de la ciudad es aproximadamente 80% combinado la cantidad de agua contaminada sería mayor; otra situación que se presenta en esta zona de influencia son las inundaciones generadas por crecientes del río Cauca producidas por represamientos de material volcánico en las partes altas que pueden causar reflujos y colapsos en los emisarios ya que la mayoría descargan en este río. Por estas razones el comportamiento de esta amenaza de acuerdo a la metodología empleada se califica como **posible**.

Figura 31. Mapa de influencia del volcán Puracé con la ubicación de la ciudad de Popayán



Fuente: Propia del estudio (Adaptación del mapa influencia del volcán Puracé, INGEOMINAS)

Movimientos en masa. Para el análisis de esta amenaza se tuvo en cuenta las visitas de campo y las entrevistas realizadas a los residentes de las zonas, identificando que los terrenos que soportan algunos de los colectores propensos a este evento, se encuentran ubicados principalmente en la zona sur de la ciudad, esta situación se presenta debido a que los suelos son de cenizas volcánicas de poca capacidad portante y deleznable, además estos forman parte de las riveras de el Ejido, Cauca y Pubús donde se genera socavación provocando su desestabilización Figuras 32 y 33. Otro aspecto que se tiene en cuenta para la calificación de este evento es la frecuencia con que se presenta, que es por lo menos una vez por año al estar ligada a las temporadas invernales donde las altas precipitaciones saturan los suelos aumentando su vulnerabilidad.

Figura 32. Deslizamiento en el Barrio Siloé



Fuente: Propia del estudio

En el barrio Siloé se presenta un deslizamiento el cual se ha generado por la infiltración de aguas residuales en la cámara de inspección, causando reblandecimiento del terreno que soporta el colector, además de ser una amenaza para los pobladores de la zona tanto en salubridad como en su integridad física.

Figura 33. Deslizamiento en el barrio La Pradera



Fuente: Propia del estudio

Otro deslizamiento donde se ve afectado el sistema de alcantarillado en la continuidad del servicio se presenta en el barrio La Pradera, donde el evento genero colapso de la cámara de inspección y el colector de la zona. Estas situaciones permiten establecer la calificación del comportamiento de esta amenaza según la metodología adoptada como **inminente**.

Inundaciones. Para realizar el análisis de esta amenaza se consideraron los registros de las inundaciones de la ciudad presentadas en el periodo de 2004 a 2010 adquiridos del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Popayán y de los registros de los puntos de manifestación de esta amenaza, suministrados por la división de alcantarillado de la empresa.

Una vez los registros fueron procesados se determinó que este evento se presenta por lo menos una vez al año y que los meses de mayor afectación son abril y octubre seguidos por marzo y diciembre, mientras que en julio no se presentaron inundaciones lo cual coincide con las temporadas de invierno y verano que se manejan normalmente en la ciudad, Así:

Figura 34. Inundaciones del sistema de alcantarillado por mes para el periodo 2004-2010



Fuente: Propia del estudio

Por otra parte estos registros también proporcionan los barrios afectados con mayor frecuencia, que al contrastarse con la información suministrada por la división de alcantarillado y la identificación realizada en campo se confirma que esta amenaza se ha presentado y tiene un alto grado de ocurrencia, principalmente en las áreas aledañas al colector izquierdo del río Ejido Comuna 6, y al área aledaña al colector derecho río Ejido comunas 4 y 5. Además en el box coulbert que canaliza las aguas superficiales del río Ejido, quebrada Santa Mónica, Los Sauces y Dos Agüitas en la calle 17 con carrera 3. Por lo tanto según la metodología empleada el comportamiento para esta amenaza se califica como **Inminente**.

Sequías. Aunque esta amenaza no presenta daños significativos en las estructuras y el funcionamiento de los componentes del sistema de alcantarillado de la ciudad, en épocas de extensos veranos se podrían generar problemas, como la acumulación de sedimentos en los colectores debido a la baja velocidad y caudal de los flujos de las aguas residuales, además se incrementa la producción de gases y olores ofensivos molestos para la población, esta última situación se pudo identificar en el reconocimiento hecho en campo Figura 35, de esta manera la calificación de esta amenaza según la metodología de colores adoptada es **posible**.

Figura 35. Sectores de la ciudad de Popayán afectados por las sequías



Barrio Minuto de Dios (puente río Ejido), se genera represamiento de las aguas por la topografía del lugar.



Puente Chune, descarga río Molino, se genera represamiento del agua residual al no caer directamente en la fuente receptora.

Fuente: Propia del estudio

Flujos de escombros y residuos sólidos. El análisis de este punto consiste en la integración de la información suministrada en la división de alcantarillado y la identificación realizada en campo donde se confirma que esta amenaza tiene un alto grado de ocurrencia e impacto para el sistema. Es así como se identifican los componentes que se ven afectados por esta amenaza, como son las zonas de las principales galerías de la ciudad, los barrios donde el acceso a los colectores es difícil, debido a invasiones o barrios que no han sido planificados, donde la limpieza y el control es imposible de realizar; además, este evento se intensifica en las zonas como el centro de la ciudad y las áreas de turismo que se ven perturbadas por la población flotante que ingresa a la ciudad en distintas temporadas del año, en especial en la semana santa. Figura 36.

Otro factor que altera esporádicamente las condiciones normales de funcionamiento del sistema se da por el arrastre de material más el crecimiento de raíces que impiden el paso del agua lo que produce que las uniones se separen y se agrieten los colectores, estas situaciones pueden desencadenar otras amenazas como son las inundaciones y el deterioro y debilitamiento de

estructuras por lo tanto el comportamiento de esta amenaza se califica como **inminente**.

Figura 36. Colectores afectados por el flujo de escombros y residuos sólidos.



Colector y sumideros del barrio Bolívar obstruidos



Sumideros del barrio Bolívar obstruidos.



Invasión aledaña a la quebrada Pubús, el colector se encuentra ubicado bajo la invasión por lo que no es posible realizar limpiezas.



Barrio retiro bajo, la cámara esta obstruida por raíces y materiales arrastrados.



Barrió La Esmeralda. Sumideros y colectores ubicados de bajo de los puestos de ventas, donde se obstruyen por los residuos sólidos

Fuente: Propia del estudio

Deterioro y debilitamiento de estructuras. Algunos de los colectores del sistema son de concreto centrifugado y han cumplido su vida útil, además transportan aguas que desgastan este material, causando infiltraciones y reblandecimiento de los suelos, lo cual puede generar el colapso de los componentes. Estas situaciones se presentan con frecuencia en el sistema de alcantarillado de la ciudad donde aún existe alcantarillado construido en canales de ladrillo y clave ovalada (alcantarillado tipo suizo), el cual resulta menos resistente a esfuerzos producidos por amenazas que puedan causar la suspensión de este servicio. Es así como en la identificación realizada en campo se ubicaron los puntos donde el sistema se encuentra deteriorado o a sufrido este tipo de amenaza (figura 37) por lo tanto el comportamiento de esta se califica como **probable**, ya que existen razones técnicas y científicas para creer que sucederá

Figura 37. Puntos del sistema de alcantarillado afectados por la amenaza deterioro y debilitamiento de estructuras



Barrio El Dean la estructura de aislamiento del colector se encuentra colapsada



Barrio Antonio Nariño, el colector colapso debido a la filtración y raíces de un árbol



Pontón ubicado sobre la quebrada Pubús, tiene aproximadamente 40 años.
Fuente: Propia del estudio



Avenida panamericana, frente al terminal de transportes, el colector tiene aprox. 30 años

Atentado dinamitero. En cualquier punto del sistema de alcantarillado puede ocurrir este evento, aunque los componentes que se ubican hacia las afueras de la zona urbana son más propensos por la soledad del sector. Como se identificó en campo en la vereda san Bernardino se encuentran ubicados viaductos del sistema de fácil acceso, los cuales no cuentan con vigilancia permanente y están visibles. Figura 38

Figura 38. Viaductos del sistema de alcantarillado



Viaducto de aproximadamente 35 metros ubicado en la vereda San Bernardino



Viaducto de aproximadamente 25 metros ubicado en la vereda San Bernardino



Viaducto de aproximadamente 30 metros



Viaducto de aproximadamente 25 metros



Viaducto de aproximadamente de 45 metros ubicado atrás de la variante panamericana sur

Fuente: Propia del estudio

Otro aspecto que se tiene en cuenta para la calificación de este evento son los atentados que se han presentado en los últimos meses en la ciudad, donde el sistema de alcantarillado puede verse afectado, por lo tanto el comportamiento de esta amenaza se califica como **probable**.

4.4.3 Análisis de vulnerabilidad

Cuadro 36. Análisis de la vulnerabilidad para el sistema de alcantarillado

Elementos expuestos	Observación
1. Personas	
1.1. Organización	
¿Existe una política de Gestión del Riesgo para garantizar la prevención y preparación para afrontar una emergencia en la división de alcantarillado de la empresa?	Parcial
¿Existen planes de acción para realizar labores preventivas?	Parcial
¿Existen planes de acción para atender las diferentes emergencias?	Si
¿Se adelantan ejercicios de actualización de los planes de acción?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de intensos inviernos (fenómeno de la niña)?	No
¿Se tienen medidas preventivas especiales cuando se aproximan épocas de estiaje (fenómeno del niño)?	No
¿Se encuentra asignado personal para las labores de mantenimiento de los componentes del sistema?	Si
¿Al materializarse un evento se tienen establecidas las funciones de atención para corregir los daños?	Parcial
¿Existe personal asignado con responsabilidades específicas de acuerdo a la zona afectada?	Si
¿Se realizan inspecciones periódicas de los diferentes componentes del sistema?	Parcial
¿Existen formatos en los cuales se reporten las áreas identificadas como inseguras donde se puedan generar emergencias?	No
¿Se documentan los eventos que afectan el sistema de alcantarillado?	No
1.2. Capacitación	
¿Existen jornadas de capacitación para la prevención y atención de emergencias?	Si
¿El personal técnico de la división de alcantarillado se encuentra capacitado para atender los eventos que afectan los componentes del sistema?	Si
¿Las capacitaciones se realizan periódicamente?	Parcial
¿Se brindan jornadas de capacitación para identificar las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Existen jornadas de capacitación para la realización de labores preventivas ante los fenómenos El Niño y La Niña?	No
¿Se realizan talleres con el fin de establecer las labores correctivas?	Si
1.3. Dotación	
¿El coordinador y el personal asignado para atender las emergencias cuentan con equipo de comunicación eficiente?	Si
¿El personal asignado para atender las emergencias cuenta con los elementos de protección exigidos?	Parcial
2. Recursos	
2.1. Materiales	
¿Se cuenta con cinta de acordonamiento o balizamiento?	Si

Cuadro 36 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se cuenta con reservas de tuberías para realizar la reposición en caso de daños?	Si
¿Las tuberías se encuentran almacenadas de acuerdo a la normatividad exigida?	Parcial
2.2. Equipos	
¿Se cuenta con programa de mantenimiento preventivo para los equipos?	Parcial
¿Se cuenta con maquinaria pesada para la recuperación de las áreas afectadas?	Si
¿Hay disponibilidad de herramientas para labores de mantenimiento y recuperación?	Si
2.3 Presupuesto	
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales cuando los materiales destinados para las labores normales no son suficientes para restablecer el funcionamiento habitual del sistema?	Si
¿Se cuenta con recursos económicos adicionales para contratar personal temporal cuando se presentan afectaciones significativas, donde el personal de la empresa no es suficiente?	Si
¿En caso de generarse un evento que necesite de maquinaria adicional se cuenta con el presupuesto para disponer de ella?	Si
3. Componentes	
3.1 Colectores	
3.1.1 Sismos	
¿Los colectores están contruidos cumpliendo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas que pueden afectar los colectores?	Si
¿El material de los colectores resiste los esfuerzos generados por los movimientos asociados a las fallas?	Parcial
¿En los puntos donde se evidencia fallos en los suelos que soportan los colectores se han tomado medidas para reducir los efectos de este evento?	Parcial
3.1.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicado el sistema de alcantarillado?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas que se deben desempeñar en los colectores ante una erupción volcánica?	Parcial
3.1.3 Movimientos en masa	
¿Se supervisa aquellos terrenos que soportan los colectores que se encuentran vulnerables ante esta amenaza?	Parcial
¿Se cuenta con medidas estructurales para que los colectores soporten la materialización de este evento?	Parcial
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
¿Las labores de atención se realizan de forma oportuna para evitar mayores consecuencias?	Parcial
3.1.4 Inundaciones	
¿Al incrementarse las áreas tributarias de los colectores se hacen los cambios de los diámetros de las tuberías necesarios para evitar la materialización de esta amenaza?	Parcial
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	Parcial

Cuadro 36 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se realizan limpiezas rutinarias de los colectores para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
3.1.5 Sequias	
¿El diseño de los colectores garantiza el arrastre del material sólido en las aguas residuales?	Si
¿Se cuenta con planes de limpieza y mantenimiento cuando se aproximan las épocas de verano?	Parcial
¿Se cuenta con planes de atención para los efectos generados por el aumento de las temperaturas en presencia del fenómeno El Niño?	No
3.1.6 Flujo de escombros y residuos sólidos	
¿Se realizan limpiezas rutinarias de los colectores para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
¿Se realizan campañas educativas para la población con el fin de disminuir los residuos sólidos en los colectores?	No
¿En las épocas en las que la población incrementa por razones de turismo se cuentan con labores alternas para disminuir la afectación por esta amenaza?	Si
¿Se realizan inspecciones frecuentes en las zonas con vegetación arbórea que pueda generar obstrucciones por el crecimiento de raíces?	Parcial
3.1.7 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Los colectores que han cumplido con su vida útil se reponen de forma oportuna?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de los colectores del sistema?	Parcial
¿Los colectores cuentan con estructuras que garanticen su estabilidad?	Parcial
¿Los colectores que se encuentran en zonas de riesgo cuentan con las estructuras necesarias para garantizar su estabilidad y funcionamiento?	Parcial
¿Se realizan supervisiones técnicas periódicas de las estructuras de aislamiento y protección de los colectores?	Parcial
¿Los colectores se encuentran a una profundidad que garantice que los esfuerzos generados por el tránsito vehicular sean soportados?	Si
3.1.8 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en las zonas donde los colectores se encuentran expuestos?	No
3.2 Cámaras de inspección	
3.2.1 Sismos	
¿Las cámaras de inspección están construidas cumpliendo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas que pueden afectar este componente?	Si
¿El material de las cámaras de inspección resiste a los esfuerzos generados por los movimientos asociados a las fallas?	Parcial
¿En los puntos donde se evidencia fallos en los suelos donde se ubican las cámaras de inspección se han tomado medidas para reducir los efectos de este evento?	Parcial
3.2.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicado el sistema de alcantarillado?	Si
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas que se deben desempeñar para este componente ante una erupción volcánica?	Parcial
3.2.3 Movimientos en masa	

Cuadro 36 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se supervisa aquellos terrenos que soportan las cámaras de inspección que se encuentran vulnerables ante esta amenaza?	Parcial
¿Se cuenta con medidas estructurales para que las cámaras de inspección soporten la materialización de este evento?	Parcial
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
¿Las labores de atención se realizan de forma oportuna para evitar mayores consecuencias?	Parcial
3.2.4 Inundaciones	
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	Parcial
¿Se realizan limpiezas rutinarias de las cámaras de inspección para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
3.2.5 Sequías	
¿Las cámaras de inspección cuentan con las cañuelas que garantizan que las aguas residuales fluyan de manera permanente?	Si
¿Se cuenta con planes de limpieza y mantenimiento cuando se aproximan las épocas de verano?	Parcial
¿Se cuenta con planes de atención para los efectos generados por el aumento de las temperaturas en presencia del fenómeno El Niño?	No
3.2.6 Flujo de escombros y residuos sólidos	
¿Se realizan limpiezas rutinarias de las cámaras para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
¿Las tapas de las cámaras de inspección en los sitios identificados como vulnerables se encuentran fijas y en buen estado?	Parcial
¿Se realizan campañas educativas para la población con el fin de disminuir los residuos sólidos en este componente?	No
¿En las épocas en las que la población incrementa por razones de turismo se cuentan con labores alternas para disminuir la afectación por esta amenaza?	Si
¿Se realizan inspecciones frecuentes en las zonas con vegetación arbórea que pueda generar obstrucciones por el crecimiento de raíces?	Parcial
3.2.7 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Las cámaras deterioradas se reparan de forma oportuna?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de las cámaras de inspección del sistema?	Parcial
¿Se realizan supervisiones técnicas periódicas del estado de las cámaras de inspección del sistema?	Parcial
3.2.8 Atentado dinamitero	
No hay factores que alteren su vulnerabilidad	-----
3.3 Emisarios	
3.3.1 Sismos	
¿Estos componentes están contruidos cumpliendo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente?	Parcial
¿Se cuentan con estudios de microzonificación de suelos en la zona?	Si
¿Se cuenta con la ubicación de las fallas geológicas que pueden afectar los colectores?	Si
¿El material de los emisarios es resistente a los esfuerzos generados por los movimientos asociados a las fallas?	Parcial
¿En los puntos donde se evidencia fallos en los suelos que soportan los emisarios se han tomado medidas para reducir los efectos de este evento?	Parcial
3.3.2 Erupciones volcánicas	
¿Se tienen identificados los volcanes que puedan representar una amenaza?	Si
¿Se tiene conocimiento de la zona de influencia volcánica en la que se encuentra ubicado el sistema de alcantarillado?	Si


Cuadro 36 (Continuación)

Elementos expuestos	Observación
¿Se conocen las características de las zonas de influencia volcánica?	Si
¿Se tiene claridad de las medidas correctivas que se deben desempeñar para este componente ante una erupción volcánica?	Parcial
3.3.3 Movimientos en masa	
¿Se cuenta con medidas estructurales para que los emisarios soporten la materialización de este evento?	Parcial
¿En las zonas aledañas a los ríos donde se localiza estos componentes se cuenta con la protección estructural necesaria?	Parcial
¿Están definidas las labores de atención ante deslizamientos?	Parcial
¿Las labores de atención se realizan de forma oportuna para evitar mayores consecuencias?	Parcial
3.3.4 Inundaciones	
¿Se cuenta con planes de prevención para las temporadas invernales?	No
¿Se cuentan con planes de acciones ante la materialización de este evento?	Parcial
¿Se realizan limpiezas rutinarias de las zonas aledañas de los emisarios para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
3.3.5 Sequias	
¿La descarga se realiza directamente sobre el flujo del río de manera que la dilución se inmediata?	Parcial
¿Se cuenta con planes de limpieza y mantenimiento de las zonas aledañas a los emisarios cuando se aproximan las épocas de verano?	Parcial
¿Se cuenta con planes de atención para los efectos generados por el aumento de las temperaturas en presencia del fenómeno El Niño?	No
3.3.6 Flujo de escombros y residuos sólidos	
¿Se realizan limpiezas rutinarias de los emisarios para permitir el flujo libre de las aguas?	Parcial
¿Se realizan campañas educativas para la población con el fin de disminuir los residuos sólidos en los emisarios?	No
¿Se realizan inspecciones frecuentes en las zonas con vegetación arbórea que pueda generar obstrucciones por el crecimiento de raíces?	Parcial
3.3.7 Deterioro y debilitamiento de estructuras	
¿Los emisarios que han cumplido con su vida útil se reponen de forma oportuna?	Parcial
¿Se realiza inspección técnica periódica del estado de estos componentes del sistema?	Parcial
¿Los emisarios cuentan con estructuras que garanticen su estabilidad?	Parcial
¿Los emisarios que se encuentran en zonas de riesgo cuentan con las estructuras necesarias para garantizar su estabilidad y funcionamiento?	Parcial
¿Se realizan supervisiones técnicas periódicas de las estructuras de aislamiento y protección de los emisarios?	Parcial
3.3.8 Atentado dinamitero	
¿Se cuenta con vigilancia constante en las zonas donde los emisarios se encuentran expuestos?	No
¿Se cuenta con vigilancia en las zonas de descarga que se encuentran fuera del área urbana?	No


Fuente: Propia del estudio

4.4.4 Nivel de riesgo

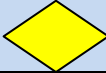
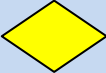
Cuadro 37. Análisis y calificación de la vulnerabilidad para el sistema de alcantarillado

Aspectos vulnerables a calificar	Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
	Bueno	Regular	Malo			
Personas						
Organización		0,5		0,5	La división de alcantarillado cuenta con planes en los cuales se distribuye el personal en equipos de trabajo para atender las emergencias que afecten el sistema. Pero no se cuenta con planes específicos de mantenimiento suficientes para garantizar el funcionamiento permanente del mismo.	
Capacitación		0,5		0,5	La preparación del personal no es suficiente para las labores de prevención y mitigación ante los eventos amenazantes y lo más importante para el análisis de esta investigación se determina que no se realizan capacitaciones alternas para las afectaciones de los fenómenos ENOS.	
Dotación	0			0	La empresa cuenta con los equipos de protección necesarios y con equipos de comunicación eficientes (radioteléfonos, celulares).	
Subtotal				1.0	La calificación para la vulnerabilidad de las personas es baja .	
Recursos						
Materiales	0			0	Se disponen de los insumos para realizar las reparaciones ante los eventos.	


Cuadro 37 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Equipos			0,5		0,5	Se cuenta con las herramientas y maquinaria para atender las eventualidades, sin embargo presentan deficiencias en el mantenimiento preventivo de los mismos.	
Recursos		0			0	La empresa cuenta con alternativas económicas para adquirir maquinaria, materiales y personal adicional para atender las emergencias que se puedan presentar por las diferentes amenazas.	
Subtotal					0,5	La calificación para la vulnerabilidad de los recursos es baja .	
Componentes							
Sismos	Colectores			1,0	1,0	Aunque se cuenta con los estudios para la identificación de los puntos vulnerables, se tiene la deficiencia que la reposición de redes es progresiva, de esta manera en los tramos con tuberías antiguas cuya vida útil ha terminado son más vulnerables ya que su material no está diseñado para soportar los esfuerzos generados por materialización de esta amenaza. Además las longitudes de estos son mayores teniendo un área mayor de exposición a esta amenaza.	

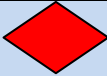

Cuadro 37 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
	Cámaras de inspección		0,5		0,5	El daño causado por este evento sobre este componente es puntual, además en la identificación realizada en campo se encontraron que en las urbanizaciones recientes el material de construcción es PVC y concreto que soportan mejor los efectos que trae la materialización de esta amenaza.	
	Emisarios		0,5		0,5	Los tramos de este componente expuestos ante esta amenaza son menores en comparación a la longitud total de los colectores, además la mayoría son de PVC material que responde mejor a las deformaciones y esfuerzos producidos por este evento.	
Subtotal					2,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los sismos es media .	
Erupciones volcánicas	Colectores		0,5		0,5	Se cuenta con la identificación de las zonas de influencia volcánica, pero no se tienen claras las labores de corrección haciendo aumentar la vulnerabilidad.	
	Cámaras de inspección		0,5		0,5		
	Emisarios		0,5		0,5		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las erupciones volcánicas es media .	

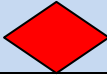
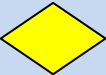
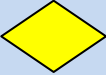
Cuadro 37 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Movimientos en masa	Colectores			1,0	1,0	Tanto las medidas preventivas como las medidas correctivas se realizan de manera parcial tanto en los componentes del sistema como en las estructuras de protección y aislamiento.	
	Cámaras de inspección		0,5		0,5	Las medidas preventivas se realizan de manera parcial y las medidas correctivas no se atienden de forma oportuna en algunos casos incrementando la vulnerabilidad ante este evento ya que los daños que se esperan pueden ser mayores.	
	Emisarios			1,0	1,0	No todos estos componentes cuentan con las estructuras de protección y anclaje que garanticen su estabilidad, además se hacen más susceptibles ya que se encuentran ubicados en las márgenes de los ríos las cuales son bastante propensas a sufrir por este evento.	
Subtotal					2,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante los movimientos en masa es alta .	

Cuadro 37 (Continuación)



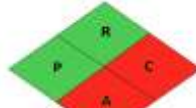
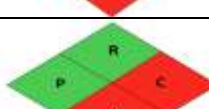
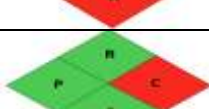
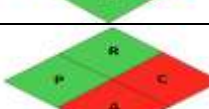
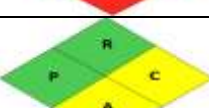
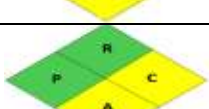
Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Inundaciones	Colectores		1,0		1,0	No se cuenta con los planes de prevención eficientes, además las actividades de prevención y atención ante las afectaciones por el fenómeno La Niña no se realizan, incrementando la severidad de los daños. Otro factor que incrementa la vulnerabilidad ante esta amenaza es que no se realizan inspecciones técnicas para reconocer el estado de la tubería en época invernal cuando el arrastre de material aumenta.	
	Cámaras de inspección		1,0		1,0		
	Emisarios		1,0		1,0		
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las inundaciones es alta .	
Sequias	Colectores			1,0	1,0	No cuenta con los planes de prevención ante las temporadas habituales de verano como tampoco sobre los efectos producidos por el fenómeno El Niño.	
	Cámaras de inspección			1,0	1,0		
	Emisarios			1,0	1,0		
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante las sequias es alta .	
Flujo de escombros y residuos sólidos	colectores			1,0	1,0	Aunque se cuenta con los planes de atención, las labores de inspección y limpieza se realizan de manera ineficiente incrementando la posibilidad de que el material que produce obstrucciones aumente en volumen y genere represamiento y reflujos de las aguas residuales.	
	Cámaras de inspección			1,0	1,0		
	Emisarios			1,0	1,0		

Cuadro 37 (Continuación)

Aspectos vulnerables a calificar		Riesgo			Calificación	Interpretación	Color
		Bueno	Regular	Malo			
Subtotal					3,0	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante esta amenaza es alta .	
Deterioro y debilitamiento de estructuras	Colectores		0,5		0,5	Las labores de mantenimiento y reparación no se hacen de forma oportuna dependiendo de la gravedad del daño y afectación incrementando el número de componentes afectados.	
	Cámaras de inspección		0,5		0,5		
	emisarios		0,5		0,5		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante el deterioro y debilitamiento de estructuras es media .	
Atentado dinamitero	colectores		0,5		0,5	La vulnerabilidad se debe a que se tienen componentes ubicados fuera de la zona urbana los cuales carecen de vigilancia permanente.	
	Cámaras de inspección		0,5		0,5		
	Emisarios		0,5		0,5		
Subtotal					1,5	La calificación para la vulnerabilidad de los componentes ante un atentado dinamitero es media .	

Fuente: Propia del estudio

Cuadro 38. Calificación del nivel de riesgo para el sistema de alcantarillado

Amenaza	Diamante de riesgo	Interpretación
Sismos		Bajo
Erupciones volcánicas		Bajo
Movimientos en masa		Medio
Inundaciones		Medio
Sequias		Medio
Flujo de escombros y residuos solidos		Medio
Deterioro y debilitamiento de estructuras		Bajo
Atentado dinamitero		Bajo

Fuente: Propia del estudio

Para el sistema de alcantarillado se determinó que el riesgo para las amenazas como sismo, erupciones volcánicas, deterioro y debilitamiento de estructuras y atentado dinamitero tienen un nivel **bajo** debido a que los elementos expuestos como los Recursos y Personas tienen un nivel bajo de vulnerabilidad ya que los planes de atención se encuentran bien estructurados y el personal cuenta con los insumos necesarios para realizar las actividades de corrección lo que hace que el nivel de riesgo disminuya ante esta amenaza.

Para las amenazas como movimientos en masa, inundaciones, sequias y flujos de escombros y residuos sólidos el nivel de riesgo es **medio** debido a que estos excepto sequias, se presentan con mayor frecuencia y magnitud en épocas de alta pluviosidad o en presencia del fenómeno La Niña desencadenando efectos severos sobre los componentes del sistema. En las sequias debido a que este evento no se presenta de manera frecuente ni altera los componentes de alcantarillado de forma severa, la división de alcantarillado de la empresa no cuenta con los planes de prevención y atención ante este evento lo que incrementa la vulnerabilidad y por consiguiente el nivel de riesgo.

5. MEDIDAS Y PLANES DE MEJORAMIENTO

Para proponer las medidas y planes de mejoramiento se debe tener en cuenta el nivel de riesgo obtenido para cada uno de los sistemas ante las diferentes amenazas con el fin de determinar cuál de estos requiere atención prioritaria y de esta manera se presenta el cuadro 39 para facilitar este análisis:

Cuadro 39. Recopilación de los niveles de riesgo para cada uno de los sistemas

Sistemas Amenazas	Tablazo	Tulcán	Palacé	Alcantarillado
	Nivel de Riesgo			
Sismos	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Erupciones volcánicas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Movimientos en masas	Medio	Bajo	Medio	Medio
Inundaciones	Medio	Medio	Bajo	Medio
Avalanchas	Medio	Medio	Bajo	No aplica
Sequias	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Contaminación hídrica	Bajo	Medio	Bajo	No Aplica
Deterioro y debilitamiento de estructuras	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Atentado dinamitero	Bajo	Medio	Medio	Bajo
Abandono	Medio	Medio	Bajo	No aplica
Flujo de escombros y residuos sólidos	No aplica	No aplica	No aplica	Medio

Fuente: Propia del estudio

Como se puede observar en el cuadro 39, no se obtuvo para ningún sistema un nivel de riesgo alto (rojo) debido a que dentro de la metodología aplicada se evalúa la vulnerabilidad administrativa de la empresa representada por los elementos expuestos personas y recursos, los cuales para la división de acueducto tienen un nivel **medio** y **bajo** respectivamente, ya que la empresa tiene deficiencias en los planes de acción y prevención ante los eventos amenazantes y las actividades de capacitación no son realizadas periódicamente pero si se cuenta con presupuesto y maquinaria disponible para la atención de las emergencias situación que disminuye la vulnerabilidad y por consiguiente el nivel del riesgo.

Para la división de alcantarillado de la empresa el nivel obtenido para estos elementos es **bajo** debido a que los planes de prevención y atención se encuentran mejor estructurados lo que disminuye la vulnerabilidad y al realizar el cruce para el nivel de riesgo se obtiene un nivel inferior.

También se puede observar que los sistemas que presentan un nivel de riesgo mayor son el sistema Tablazo y Tulcán debido a que el nivel de riesgo para la mayoría de las amenazas es **medio**, por el contrario el sistema Palacé presenta un nivel de riesgo **bajo** debido que es un sistema construido recientemente por lo que las especificaciones técnicas se cumplen es su

mayoría, como se mencionó en el capítulo anterior, haciendo que la vulnerabilidad física de este sea menor.

De esta manera ya que el nivel de riesgo está constituido por la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, y teniendo en cuenta que las amenazas se presentan de forma constante, para que el riesgo disminuya se deben realizar labores que permitan obtener la menor vulnerabilidad posible, es así como con el análisis de la vulnerabilidad realizado en el capítulo anterior se identifican las falencias administrativas y físicas de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Popayán llegando a la conclusión de formular medidas estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales ayudaran a reducir la vulnerabilidad física de cada uno de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado y las medidas no estructurales, la vulnerabilidad administrativa de la empresa con las cuales se da respuesta a las calificaciones **parcial** y **no** obtenidas en el cuadro de análisis de la vulnerabilidad de cada sistema, con el objetivo de cambiar esta calificación por **si**, es decir lograr que la empresa cuente con los parámetros necesarios para que las amenazas no afecten los sistemas o al menos se presente con un nivel aceptable de tal forma que se produzcan menos perdidas económicas, así se establecen las actividades o medidas a realizar para prevenir y corregir cada una de las amenazas de la siguiente manera:

Cuadro 40. Medidas estructurales y no estructurales de prevención, respuesta y atención ante las amenazas

		Amenazas naturales					Amenazas antrópicas				
		sismos	Erupciones volcánicas	Movimientos en masa	inundaciones	avalanchas	sequias	Contaminación hídrica	Deterioro y debilitamiento de estructuras	Atentado dinamitero	abandono
Medidas de prevención y atención											
MEDIDAS ESTRUCTURALES	Remoción y/o conformación del perfil del terreno o talud										
	Control del drenaje e infiltración										
	Estructuras de contención para suelos										
	Estructuras de contención para rocas										
	Protección de la superficie del talud con vegetación										
	Protección de la superficie del talud con revestimiento										

Cuadro 40 (Continuación)

		Amenazas naturales					Amenazas antrópicas				
		sismos	Erupciones volcánicas	Movimientos en masa	inundaciones	avalanchas	sequias	Contaminación hídrica	Deterioro y debilitamiento de estructuras	Atentado dinamitero	abandono
Medidas de prevención y atención											
	Obras para el control de material caído o deslizado										
	Tratamientos de regulación de la escorrentía superficial										
	Ampliación de los cauces										
	Construcción de diques										
	Construcción de muros de retención										
	Tratamientos lineales										
	Cubiertas superficiales										
	Reforestación y protección de la cuenca										
	Reforzamiento estructural										
	Reposición o cambio de tuberías										
	Estructuras de protección en pasos de vías										
	Reposición de estructuras de protección de las cámaras de quiebre y sumideros										
Medidas no estructurales	Realización de estudios de suelos (microzonificación-geológicos) para la zona de estudio										
	Adaptación de los sistemas de acueducto y alcantarillado a las normas del código colombiano de construcciones sismoresistentes.										
	Labores de limpieza										
	Realización de jornadas específicas de capacitación										
	Labores de vigilancia de los componentes de los sistemas										
	Actualización planes de operación y mantenimiento										
	Actualización de planes de atención										
	Inspección periódica del estado de las estructuras										
	Formatos de registros										
Mantenimiento de equipos y herramientas											

Fuente: Propia del estudio

Una vez se identificaron las medidas por amenaza se definen las actividades que estas comprenden de manera puntual teniendo como base las etapas del ciclo de desastre (cuadro 41), el cual pueden resumirse en tres fases o períodos:

- ✓ **Antes**, cuando se tiene un período de calma o alerta, según el evento adverso que se esté analizando, en este tiempo se diseñan y ejecutan las actividades preventivas con el fin de prepararse con anterioridad al impacto permitiendo disminuir la vulnerabilidad de los sistemas
- ✓ **Durante**, etapa que puede durar lapsos de tiempo muy cortos o muy prolongados, en función de las características de impacto del fenómeno.
- ✓ **Después**, período en el cual se realizan actividades para recuperarse de las consecuencias del desastre, que pueden ser a corto, medio o largo plazo. Esta etapa comprende tres subetapas; diagnóstico, rehabilitación y reconstrucción.

Cuadro 41. Detalle de las medidas de prevención y atención

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Remoción y/o conformación del perfil del terreno o talud	Antes-Después	Tendido del talud	Estas actividades son ideales para corregir y evitar deslizamientos pequeños e incipientes, tales como los presentados en el sistema Tablazo, además para terrenos inclinados como algunos presentes en el sistema Palacé.
		Construcción de bermas o rellenos de contrapeso	
		Construcción de trincheras estabilizantes	
		Terraceo	
		Remoción y remplazo del material	
Control del drenaje e infiltración	Antes-Después	Cunetas	Estas actividades pueden utilizarse para el sistema Tablazo ya que en el tramo desde el desarenador de Piedras hasta la captación Cauca se presentan dificultades del drenaje, debido a que permiten controlar o disminuir la presión que ejerce el agua dentro del suelo o la roca, facilitando su circulación y evacuación rápida a través del talud, evitando excesos de presiones y erosión interna.
		Divisorios de aguas	
		Explanación del talud para eliminar apozamiento	
		Revestimiento y revegetalización	
Estructuras de contención para suelos	Antes-Después	Muros de contención	Estas obras deben acompañarse de medidas para el control del drenaje. Entre las más utilizadas se encuentra los muros en gaviones por su flexibilidad y economía. Los cuales pueden ser útil en el sistema Tablazo debido a que el tendido de la línea de conducción se encuentra adyacente al río cauca Ya que el terreno en el sistema Palace tiene las condiciones propicias para deslizamientos que pueden afectar de manera significativa el sistema estas obras pueden ser útiles para su prevención y corrección.
		Tierra reforzada	
		Muros en gaviones	
		Muros anclados	
		Pilotes y caisson	
Estructuras de contención para rocas	Antes	Anclajes en roca	Los anclajes se pueden emplear solos o con estructuras de contención aumentando las fuerzas resistentes. Debido a que el tendido de la línea de conducción del sistema Palacé cuenta con tramos en los cuales el talud está conformado por rocas que presentan fracturas y dejan caer bloques que deben ser contenidos, por tal razón estas obras son ideales para llevarse a cabo en este sistema.
		Revestimiento flexible con malla	
		Concreto lanzado	

Cuadro 41 (Continuación)

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Protección de la superficie del talud con vegetación	Antes	Conformación del sustrato	Las técnicas de revegetalización combinadas con las estructuras inertes de ingeniería como gaviones y muros, se integran y complementan mejorando la respuesta de los obras a la estabilización de un área.
		Siembra de semillas	
		Siembra por estacas, estolones y ramas	
		Siembra de espedón	
		Sistemas de anclaje	
Protección de la superficie del talud con revestimiento	Antes	Concreto lanzado	El revestimiento es utilizado para la prevención y protección de erosión en los taludes protegiendo sus zonas críticas. Cumple las funciones de: disminución de la infiltración y mantenimiento del suelo en condiciones estables de humedad.
		Suelo cemento	
		Gaviones	
		Enrocados	
		Mampostería o piedra pegada	
Obras para el control de material caído o deslizado	Antes	Escudos contra caída de rocas o deslizamientos	Estos tipos de obra buscan detener o desviar la masa de suelo o roca una vez se mueve ladera abajo, controlando o disminuyendo su capacidad de impacto, protegiendo la infraestructura. Estas obras pueden ser utilizadas en el sistema Palacé ya que presenta deslizamientos en tierra y roca que pueden generar daños severos en la línea de conducción.
		Cunetas o bermas de intersección	
		Mallas metálicas	
		Muros o gaviones	
Tratamientos de regulación de la escorrentía superficial	Después	Canales: de desviación, transversales o longitudinales	Estos tratamientos consisten en la construcción de canales que interceptan y conducen la escorrentía hacia la red de drenaje natural. Cumplen la función de regular el gran volumen de flujo directo o escorrentía superficial en zonas con baja cobertura vegetal y se utilizan en casos donde las laderas presentan procesos de erosión crecientes.
Tratamientos lineales	Antes	Revestimiento con neumático	Consiste en la elaboración de barreras que ayudan a encausar el agua de escorrentía a los canales de evacuación, localizados de manera transversal a la pendiente. Se utilizan en laderas o taludes con pendientes medias o altas.
		Revestimiento con madera o ramas	
		Revestimiento con sacos rellenos de tierra	
		Revestimiento con postes de madera	
		Revestimiento con especies vegetales de bajo porte y alta densidad (gramíneas)	
Cubiertas superficiales	Antes	Revestimiento con coberturas vivas o muertas utilizando para ello coberturas vegetales como arvenses, gramíneas o residuos de cosechas	Este tratamiento consiste en proteger el suelo y es complementario a los tratamientos lineales y resulta adecuado para cubrir áreas degradadas con pendientes moderadas.

Cuadro 41 (Continuación)

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Ampliación de los cauces	Antes	Retiro de los sedimentos mediante dragado o por la rectificación de sus márgenes.	El sistema Tulcán presenta con mayor intensidad y frecuencia avalanchas e inundaciones en la temporadas invernales, por esta razón aplicar esta técnica puede disminuir la probabilidad de que se materialicen estos eventos ya que se retiran los sedimentos mediante dragado o por la rectificación de los márgenes.
Construcción de diques	Antes-Después	Diques longitudinales o jarillones y transversales	Estas obras ayudan a controlar y contener las crecientes incrementando la capacidad hidráulica del cauce mediante la ampliación de la sección del margen con una barrera de tierra, cumplen la función de contención de la creciente a la vez que disminuyen el efecto erosivo de las corrientes de agua. Estas labores son útiles para los sistemas Tulcán y Tablazo debido a las condiciones en las que se encuentra.
Construcción de muros de retención	Antes-Después	Gaviones o concreto	Los muros de retención se construyen en sitios donde el espacio disponible es pequeño haciendo inviable la construcción de un dique. Cumplen la función de contener localmente la creciente Pueden ser construidos en gaviones o concreto.
Reforestación y protección de la cuenca	Antes	Protección y recuperación de la cobertura vegetal de la cueca	Esta acción está orientada al control de producción de sedimentos en la cuenca, cumpliendo una función de protección y recuperación de la cobertura vegetal. Estas acciones se realizan por la empresa de manera adecuada para cada uno de los sistemas por esta razón no se proponen nuevas actividades, solo seguir desempeñando las labores realizadas hasta el momento.

Cuadro 41 (Continuación)

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Reforzamiento estructural	Ante-Después	Construcción de muros o pórticos	<p>Las estrategias de reforzamiento persiguen reducir la susceptibilidad de una estructura a sufrir daño a causa de un sismo y consisten en la implementación de medidas de reforzamiento necesarias para garantizar un nivel de desempeño estructural adecuado.</p> <p>Ya que los sistemas de acueducto no cuentan con los estudios detallados de las zonas por donde están los componentes del sistema se hace difícil identificar los puntos específicos en los cuales estas medidas puedan ser aplicadas, por lo tanto es recomendable adelantar dichos estudios (microzonificación y geológicos). Respecto a las estructuras se encuentran accesorios que no responden de manera adecuada ante los eventos por lo tanto su reforzamiento se hace necesario.</p> <p>Para el sistema de alcantarillado se debe realizar acciones o técnicas tanto para prever las afectaciones por sismos como por otros factores que pueden influir en el movimiento de los terrenos los cuales soportan los componentes de este sistema.</p>
		Estructuras de protección en pasos de quebradas o fuentes de agua superficiales	
		Anclajes para las tuberías de alcantarillado	
Reposición o cambio de tuberías	Antes-Después	Reposición o cambio de tuberías	<p>Como se explicó anteriormente en los sistemas de acueducto se cuenta con tramos de tubería que han cumplido con su vida útil por lo tanto realizar esta actividad disminuye significativamente el riesgo ante la presencia de cualquier amenaza.</p>
Reposición de estructuras de protección de las cámaras de quiebre y sumideros	Antes-Después	Reposición de estructuras de protección de las cámaras de quiebre y sumideros	<p>Estas labores son fundamentales para los sistemas de acueducto Tablazo y Tulcán, además del sistema de alcantarillado ya que como se mencionó anteriormente se han visto afectados por la falta de protección lo cual desencadena otros daños y repercusiones para los mismos. Por lo cual la renovación de estas estructuras es fundamental para la protección de los sistemas y así garantizar la prestación del servicio.</p>

Cuadro 41 (Continuación)

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Realización de estudios de suelos (microzonificación-geológicos) para la zona de estudio	Antes	Realización de estudios de suelos (microzonificación-geológicos) para la zona de estudio	Con el fin de conocer la situación real de las zonas de estudio y reforzar los componentes los sistemas de acueducto y alcantarillado donde las evidencias demuestren la existencia de fallos se deben realizar paulatinamente los estudios necesarios para disminuir esta vulnerabilidad.
Adaptación de los sistemas de acueducto y alcantarillado a las normas del código colombiano de construcciones sismoresistentes.	Antes	Adaptación de los sistemas de acueducto y alcantarillado a las normas del código colombiano de construcciones sismoresistentes.	Esta actividad se debe realizar con mayor celeridad para los sistemas de acueducto tablazo y Tulcán y el sistema de alcantarillado de la ciudad ya que son sistemas que tienen varios años de antigüedad y en su mayoría no cuentan con las normas técnicas necesarias para enfrentar una situación de emergencia sin salir significativamente afectados.
		Cambio o reposición de tuberías contemplando las técnicas sismoresistentes	
Labores de limpieza	Antes	Recolección de material caído	El sistema de acueducto Tulcán es el más afectado por la amenaza de abandono y por lo tanto se hace vulnerable al deterioro por lo que estas labores se deben realizar de manera constante y planificada. Aunque por prevención y por garantizar el funcionamiento y la calidad del servicio se deben adelantar en todos los sistemas de acueducto y alcantarillado.
		Lavado periódico de los tanques desarenadores	
		Supervisión periódica de los colectores.	
Realización de jornadas específicas de capacitación	Antes	Capacitaciones ante las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña	La empresa debe adelantar estas jornadas con el fin de que el personal se encuentre preparado para atender la materialización de las amenazas, además que disponga del conocimiento de las medidas preventivas que deben desarrollar para minimizar los efectos de estos eventos.
		Capacitaciones de labores preventivas y correctivas ante los fenómenos El Niño y La Niña	
		Capacitaciones de prevención y atención para las amenazas generales presentes en los sistemas.	
Labores de vigilancia de los componentes de los sistemas	Antes-Después	Labores de vigilancia de los componentes de los sistemas	Estas labores deben adelantarse de manera permanente con el fin de garantizar la seguridad para los sistemas, dependiendo de las condiciones de cada uno de ellos como se explicó anteriormente

Cuadro 41 (Continuación)

Medidas de prevención y atención	Fase del ciclo de desastre	Actividad	Detalle
Actualización de planes de operación y mantenimiento	Antes	Elaboración de los cronogramas de las labores de operación y mantenimiento	La empresa debe adelantar esta operación con el fin de tener presente las labores de mantenimiento que se deben realizar, el personal encargado y los periodos de realización. Se debe diligenciar el formato del anexo K
		Actualización de la asignación del personal para realizar estas labores	
Actualización de planes de atención	Antes	Revisar y reformar los planes de acción existentes	Esta labor se adelanta para agilizar la respuesta ante la manifestación de los eventos ya que se contaría con la delegación de funciones y responsabilidades.
		Actualizar la asignación del personal encargado de atender las emergencias	
Inspección periódica del estado de las estructuras	Antes	Realización de recorridos periódicos	Es importante que se adelanten recorridos periódicos con el fin de identificar deterioro en las estructuras de los sistemas y fallos en los terrenos aledaños, para realizar su corrección y así evitar que los daños puedan ser más graves. Los cuales se deben documentar diligenciando el formato contenido en el anexo R
		Supervisión de los taludes	
Formatos de registros	Después	Diligenciar oportuna y correctamente los formatos de registros de eventos amenazantes	Para lograr que en un futuro cercano la empresa logre establecer el nivel de riesgo de manera cuantitativa, es importante que registre cada una de las emergencias que se presenta causando daños en sus sistemas. Se propone el formato de registro en el Anexo O
Mantenimiento de equipos y herramientas	Antes	Elaborar cronogramas de revisión y mantenimiento de los equipos y maquinaria de la empresa	Esta labor es vital para garantizar que las herramientas y equipos se encontraran en buen estado y disponibles en el momento que se requieran

Fuente: Propia del estudio

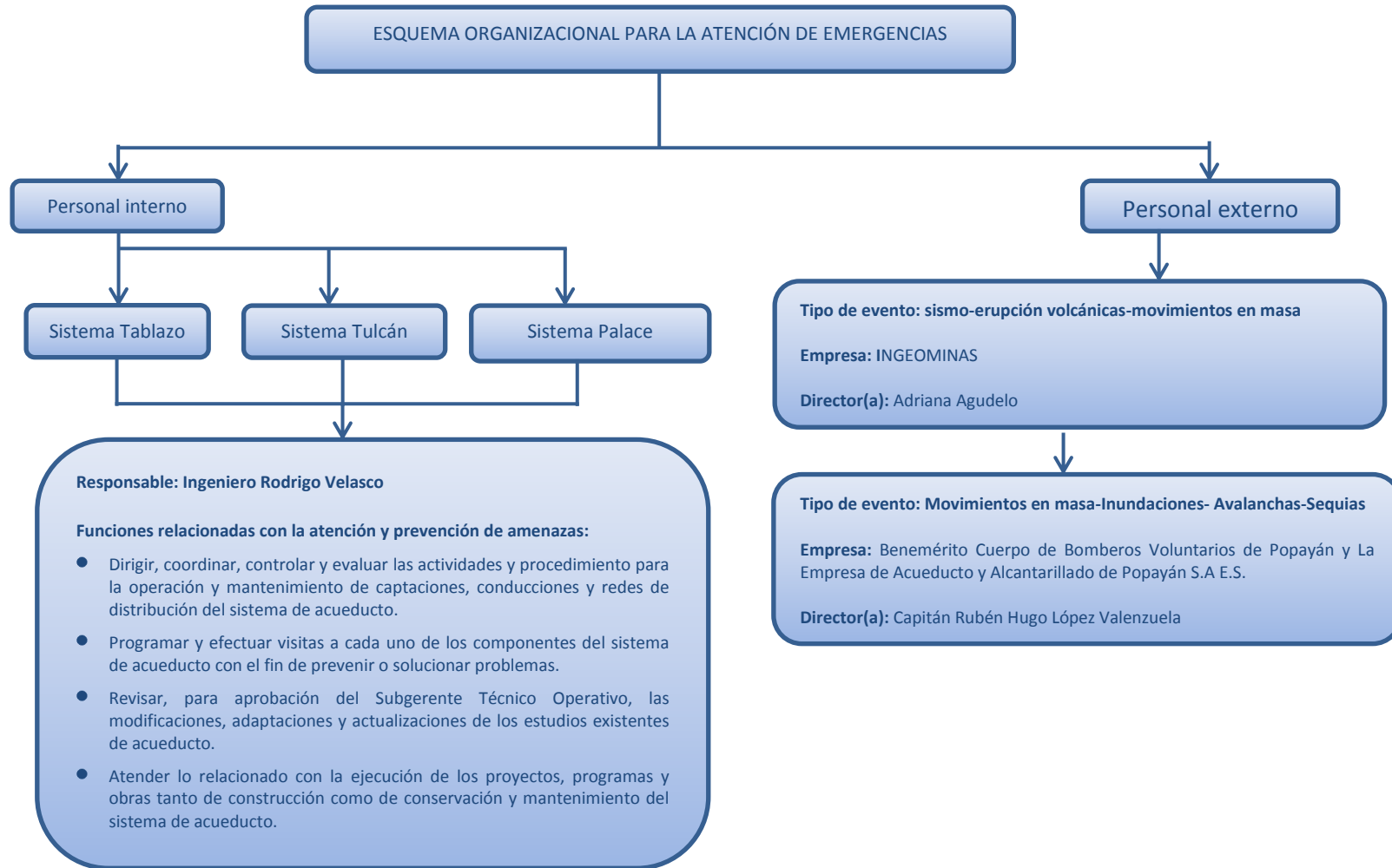
La dinámica que se plantea es ubicar según la amenaza las medidas estructurales y no estructurales que se deben realizar, por medio del cuadro 40 y teniendo en cuenta la estimación de la probabilidad realizada en el anterior capítulo donde no solo se calificó la probabilidad si no que también se hizo la identificación de las condiciones reales de los sistemas se toma como referencia esta identificación para aplicar las labores o actividades propuestas, con la finalidad que la empresa logre disminuir el grado de vulnerabilidad y por tanto el nivel de riesgo.

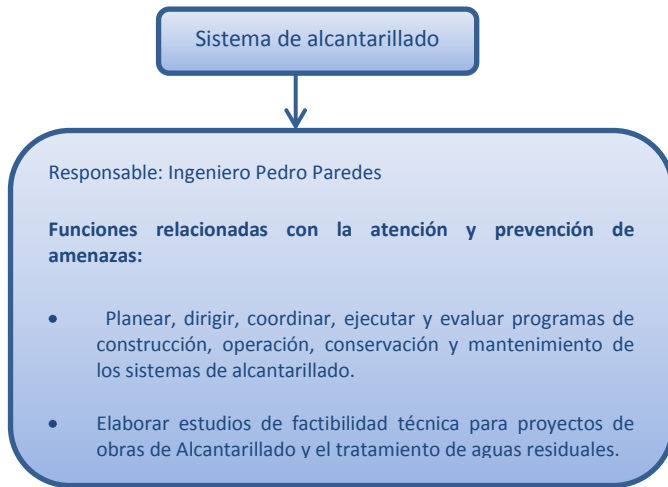
Siguiendo el mismo objetivo se propone la conformación de los comités para las labores de mantenimiento Anexo K, comité de emergencias Anexo M y el comité de atención de emergencias Anexo L, en los cuales se establecen los integrantes de cada uno y las funciones que deben desempeñar.

Una vez se determinan las labores a realizar se procede a plasmar por medio de un esquema organizacional para la atención de emergencias Figura 39 como, donde y a quien se debe recurrir ante la materialización de un evento amenazante, tanto fuera como dentro de la empresa, este esquema se realiza de forma dinámica e ilustrativa de tal manera que el acceso a esta información sea rápido y que las labores dependientes de los funcionarios se realicen con la celeridad pertinente.

Además, con la ayuda del Anexo N (Formato para el registro de avance de las actividades de prevención y atención) se podrá llevar el control de las actividades propuestas donde se estipulara el nivel de avance y el responsable de llevar a cabo dicha función, así cuando se alcance el 100% de cada actividad la calificación de las preguntas de la vulnerabilidad pasaran de ser **parcial** y **no**, por **si**, mejorando significativamente el nivel de riesgo y por consiguiente la situación de la empresa generando menos gastos en reparaciones, como se ha comprobado en estudios similares donde las labores de prevención generan menores gastos que las de rehabilitación y reconstrucción.

Figura 39. Esquema organizacional para la atención de emergencias





Fuente: Propia del estudio

6. INFLUENCIA POR EL FENOMENO EL NIÑO Y LA NIÑA

Cuando se presentan los fenómenos El Niño y La Niña se generan condiciones propicias que alteran la vulnerabilidad de los sistemas, en el caso del fenómeno La Niña se desencadenan con mayor frecuencia y magnitud precipitaciones que saturan los suelos, incrementan los caudales y el arrastre de material, factores que alteran las condiciones habituales en las que funcionan los sistemas. Por otro lado El Niño genera una disminución en el caudal de los ríos y un déficit en el contenido de humedad del suelo, lo que trae problemas de erosión facilitando la suspensión de las partículas y posteriormente el arrastre por acción de la escorrentía en las temporadas de alta pluviosidad.

Las alteraciones causadas por dichos fenómenos son en parte los detonantes de los eventos amenazantes para los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad, por tanto intentar analizar los efectos que se producen al coincidir la materialización de dichos eventos con la etapa de culminación de los fenómenos constituyen el punto de interés de este trabajo de investigación, pretendiendo así determinar cómo los detonantes de las amenazas y la vulnerabilidad se ven alterados ante la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña en un periodo donde se presentan las condiciones de amenaza extrema para los sistemas de acueducto y alcantarillado.

En los sismos se tienen en cuenta las afectaciones producidas por el fenómeno La Niña debido a los factores que este altera, de esta manera si se cuenta con suelos blandos y poco estratificados que han sido saturados por influencia del fenómeno, las condiciones de vulnerabilidad para las estructuras soportadas por dicho suelo es mayor, ya que se produce licuación del terreno por la ampliación de las ondas sísmicas (300-800%) que se presentan en los suelos firmes o roca firme que soporta dichos suelos blandos. (Huamán & Kuroiwa)

Las erupciones volcánicas también se ven afectadas por este fenómeno debido a que en ellas se desencadenan distintos procesos, tales como la producción de flujos piroclásticos, flujo de lavas, flujo de lodos y escombros, caídas de piroclastos, avalanchas de escombros y producción de gases, que por sus características se ven perturbados según el periodo sufrido. Es así como los flujos de lodos y escombros se alteran en la presencia del fenómeno La Niña, debido a que estos dependen del volumen del agua disponible, la cantidad y el tamaño de material suelto, el gradiente del terreno, el encañonamiento de los drenajes y la viscosidad del flujo, parámetros que se magnifican con el fenómeno y afecta indiscriminadamente los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad al estar ubicados en la zona de influencia volcánica, donde estos parámetros son característicos.

El sistema Tablazo es más vulnerable ante este evento por su cercanía al río Cauca, donde los flujos de lodos y escombros son depositados en este, según la descripción realizada por INGEOMINAS del mapa de amenaza volcánica del Puracé. Aunque los otros sistemas incluyendo alcantarillado se encuentran en

la misma zona, la susceptibilidad la da la cercanía al río. Otro evento que se desencadena en esta zona de influencia (amarilla) es la caída de cenizas que en contacto con el agua generan aglomeración, situación que afecta principalmente los sistemas de alcantarillado al no contar con la información suficiente para realizar las labores de recolección y manejo de las mismas.

Por otro lado, los detonantes de las amenazas naturales como las inundaciones, sequias, avalanchas y movimientos en masa se encuentran ligados principalmente a las precipitaciones, factor que es alterado por dichos fenómenos, por lo tanto la ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña determina la magnitud con que se presentan estas amenazas, es así como se realiza el enfoque y se tratan en adelante.

En los sistemas de acueducto el caudal es el parámetro fundamental de las amenazas como inundaciones, avalanchas y sequias, por lo tanto es necesario contar con esta información en los diferentes sistemas, y principalmente estudiar los caudales máximos para las inundaciones y los caudales mínimos para las sequias. Ya que los caudales máximos constituyen los valores pico de crecientes o inundaciones, además de constituir el caudal de diseño para las estructuras de desvíos y vertederos. De la misma forma en las épocas que se pueden presentar las sequias se debe observar el comportamiento de los caudales mínimos, ya que este es el caudal que debe permanecer en el lecho de tal forma que no se altere la fauna y la flora, además de garantizar el abastecimiento continuo de agua potable para la ciudad.

Los efectos generados por los fenómenos El Niño y La Niña se pueden evidenciar en el sistema Tablazo con el estudio análisis de la oferta hídrica de la subcuenca río las piedras y su afectación por el fenómeno El Niño, donde con datos suministrados por el IDEAM de la estación limnimétrica puente carretera y los registros de los periodos de ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña se comparan los comportamiento de los caudales máximos, mínimos y medios, con y sin la influencia de los periodos El Niño y La Niña.

Las inundaciones se ven alteradas principalmente por el fenómeno La Niña; en el estudio antes mencionado se evidencia que los caudales máximos se incrementan reportando valores de 120 y 132 m³/s en los años 1974 y 1976 respectivamente, para el periodo de la Niña comprendido entre mayo de 1973 a mayo de 1976, y el reporte más reciente se da en el año 2008 con un caudal de 55,85m³/s, con el periodo de La Niña entre septiembre de 2007 a mayo de 2008. Estos datos están muy por encima del caudal mínimo de inundación (11.7m³/s) determinado en el capítulo 2, comprobando de esta manera que el fenómeno altera las condiciones de ocurrencia de este evento.

Por el contrario las sequias son magnificadas por el fenómeno El Niño, donde durante su presencia el caudal ha disminuido por debajo del caudal de captación de 0,9 m³/s de la siguiente manera:

Cuadro 42. Datos de la disminución de los caudales del río Piedras bajo la influencia del fenómeno el Niño

Año	Caudal(m ³ /s)	Periodo del fenómeno El Niño
1969	0,53	Septiembre de 1969 a enero de 1970
1973	0,8	Mayo de 1972 a marzo de 1973
1977	0,62	Septiembre de 1977 a enero de 1978
1986	0,59	Agosto de 1986 a febrero de 1988
2009	0,8	Junio de 2009 a abril de 2010

Fuente: Tesis Análisis de la oferta hídrica de la subcuenca río Las Piedras y su afectación por el fenómeno El Niño

Donde se evidencia la alteración que se presenta en los caudales bajo la presencia del fenómeno. Además de acuerdo con los registros históricos de los caudales, los periodos secos en la subcuenca del río Las Piedras se presentan entre los meses de junio a septiembre presentando caudales inferiores a los demás meses los cuales disminuyen considerablemente cuando coinciden con un periodo El Niño, como se puede observar en los años de 1969 y 1986 al presentarse esta situación se recurre a fuentes alternas como la captación PISOJÉ y la captación Cauca.

Para realizar el análisis de los efectos del fenómeno El Niño y La Niña en el sistema Tulcán se recurre al estudio Análisis hidroclimatológico de la subcuenca del río molino realizado por Ingeniero Luis Jorge González Muñoz, donde se realiza el modelamiento de los caudales del periodo comprendido de junio de 2009 a julio de 2011 que abarca la presencia de los fenómenos de forma consecutiva para los que se implementó un modelo lluvia escorrentía diseñado por El Servicio de Conservación de Suelos de Los Estados Unidos, basado en la relación suelo-cobertura de la subcuenca del río Molino y llegar a conocer el comportamiento del recurso hídrico ante los cambios extremos que se vienen presentando del clima por diferentes factores.

Teniendo en cuenta el caudal máximo soportado por la estructura de captación (18.87m³/s) obtenido en el capítulo 2 de la presente investigación, se verifica que el sistema Tulcán se ve afectado por dichos fenómenos, aunque en los caudales modelados no se reportan valores iguales o superiores a este valor debido a la falta de datos e inexactitud de los mismos, como en el caso del caudal mínimo que se requiere como base para la realización del análisis teniendo que recurrir a métodos primarios que disminuyen el grado precisión, se observa que los caudales se incrementan con la presencia del fenómeno La Niña, además existen registros de la ocurrencia de esta amenaza. De la misma manera ocurre con las sequías, aunque no se ha presentado un caudal inferior al de captación (120-150 lt/s), la disminución de estos es evidente ante la presencia del fenómeno El Niño.

Los deslizamientos ocurren en zonas montañosas y en laderas de pendientes pronunciadas. A diferencia de otros fenómenos como erupciones volcánicas y sismos, los deslizamiento pueden ser inducidos o provocados, e incluso previstos y evitados por la acción de hombre. (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, INAA)

Los principales factores que determinan la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos son las lluvias, las cuales saturan los suelos haciendo que pierdan la capacidad de soporte y por efectos de la gravedad se generen desplazamientos causando el deslizamientos, esta situación se presenta en el país y ha sido documentada con estudios realizados por el IDEAM donde se determinó que en los primeros cinco meses del 2010 el número de deslizamientos reportados estuvo de acuerdo con la ausencia de precipitaciones producida por efectos del Fenómeno de El Niño y con la llegada de la primera temporada de lluvias registrado en el segundo periodo del 2010 y el primero del 2011(fenómeno La Niña). En el territorio nacional el número de dichos eventos reportados aumentaron considerablemente, haciendo que la frecuencia y magnitud de los daños provocados por los deslizamientos como son el daño parcial o total de las obras de captación ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos activos, la afectación y/o suspensión de los servicios(acueducto y alcantarillado) y el atascamiento de tuberías de recolección debido a la acumulación de lodos y sedimentos, entre otros se mantuvieran en crecimiento. (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, INAA)

De esta manera para los sistemas de acueducto de la ciudad, y debido a las evidencias encontradas en campo y las entrevistas realizadas a los empleados de la empresa en estudio se verifica la manifestación y alteración por los periodos de El Niño y La Niña de este tipo de amenaza de diferentes maneras, porque cada sistema cuenta con características específicas de la topografía de los terrenos y el tipo de suelo.

Teniendo en cuenta estas razones se determina que el sistema Tablazo es el más vulnerable ante los deslizamientos en presencia de los fenómenos del pacífico (El Niño y La Niña), ya que su línea de conducción se encuentra en terrenos con pendientes fuertemente onduladas y está ubicada sobre la margen izquierda del río Cauca el cual socava el talud que la soporta, además a lo largo de ella se encuentran fuentes transversales que en épocas de lluvias presentan crecientes que debido a la falta de drenaje reúnen las condiciones propicias para que se produzca el deslizamiento.

El sistema de alcantarillado se ve afectado en su estructura y funcionamiento por los dos fenómenos. Estas alteraciones se han evidenciado en diferentes países que han sufrido los impactos de dichos fenómenos, como es el caso de los sistemas de alcantarillado de Perú y Ecuador donde los registros llevados por las empresas prestadoras de este servicio han permitido que analistas y científicos de diferentes disciplinas realicen trabajos en los cuales se verifican las afectaciones por los fenómenos, haciendo un recuento de como los componentes se han visto afectados. De esta manera se evidencia que en estos sistemas se han presentado principalmente daños por erosión donde las conexiones domiciliarias son desenterradas y arrancadas de sus emplazamientos y arrastradas agua abajo, inundaciones que generan el colapso del sistema por falta de capacidad, colapsos de los colectores por el ingreso de aguas lluvias con sedimentos y obstrucciones en los colectores que

desencadenan fugas en casa y alcantarillas convirtiéndose en focos infecciosos y contaminantes. (Huamán & Kuroiwa). Esta información es aprovechada para corroborar las afectaciones sufridas por el sistema de alcantarillado de Popayán en estos periodos específicamente, ya que estos países y las zonas específicas de los estudios poseen características similares a las encontradas en esta investigación.

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones el fenómeno La Niña aumenta de forma considerable las precipitaciones, lo que genera colapsos en el sistema ya que se supera la capacidad de los colectores, situación que empeora en un alcantarillado combinado como el de la ciudad de Popayán, otro efecto que se ha generado durante estos periodos es el incremento de los caudales de las fuentes receptoras (río Molino, Ejido, Cauca y las quebradas Pubús, Machángara y Quitacalzón) donde se presenta reflujos de las aguas sanitarias y desbordes de las mismas presentando obstrucciones por el lodo. Además al encontrarse saturados los suelos por efecto de las lluvias los colectores y sobre todo los emisarios que se encuentren en terrenos poco estratificados pueden colapsar, ya que estos suelos son susceptibles a deslizamientos en estas temporadas.

Otro factor que altera la vulnerabilidad de este sistema es el aumento periódico y frecuente de la población flotante, por ser esta una ciudad turística, incrementando la cantidad de residuos que son arrastrados por las lluvias a los colectores impidiendo el flujo de las aguas residuales de forma adecuada, estos periodos coinciden con avenidas, en las cuales existe el reporte de presencia de La Niña que empeora esta situación, por ejemplo las temporadas de mayo del 1988 a mayo de 1989, septiembre de 1995 a marzo de 1996 y septiembre de 2007 a mayo de 2008 con presencia de este fenómeno, donde se reportan emergencias para el sistema.

Además, como el sistema de alcantarillado de la ciudad no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, al disminuir los caudales de las fuentes receptoras, donde los puntos de vertimiento se encuentran dentro de la ciudad, en periodos con presencia del fenómeno el Niño la dilución de las aguas residuales es menor lo que incrementa la producción de olores ofensivos que afectan las poblaciones cercanas, también en estas temporadas donde se reportan altas temperaturas se disminuye el caudal de las tuberías de drenaje generando obstrucciones ocasionadas por la reducción de los flujos autolimpiantes debido a las bajas velocidades con las que transcurre el líquido.

De lo anterior se establece que las amenazas naturales que se manifiestan en los diferentes sistemas (Acueducto y Alcantarillado) se ven alteradas por dichos fenómenos naturales, demostrando la importancia de que La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán cuente con los planes de atención y prevención para estos periodos prioritariamente.

Las amenazas antrópicas se ven afectados por los fenómenos El Niño y La Niña de diferente manera que las amenazas naturales, las primeras tienen

ligadas a su manifestación de forma íntima las labores de prevención y mantenimiento, definidas desde la administración de la empresa, a diferencia de las amenazas naturales que aunque su comportamiento está ligado a ellas no presentan el mismo grado de influencia.

De esta manera cualquier estructura por resistente que sea, si se encuentra expuesta a factores como el sol y el agua presenta mayor deterioro en su material, por lo tanto al tener presencia de los eventos El Niño y La Niña, las estructuras de los sistemas de acueducto y alcantarillado se hacen vulnerables a los daños antrópicos en mayor medida al desencadenarse amenazas naturales incrementadas por los efectos de dichos fenómenos. Esta vulnerabilidad, es la vulnerabilidad física que tiene la empresa, la cual está ligada a la vulnerabilidad administrativa, como es la falta de planes de prevención y atención de las amenazas tanto naturales como antrópicas.

Con base a experiencias de diferentes sistemas de acueducto y alcantarillado que han sido afectados por los fenómenos El Niño y La Niña se analiza que los problemas generados son consecuencia de la falta de mantenimiento adecuado de la infraestructura, criterios de diseño que no consideraron las amenazas a las que estaban expuestas los componentes y por la falta de capacidad del personal administrativo y técnico de las instituciones encargadas de estos sistemas para hacer frente y recupera las condiciones iniciales a la mayor brevedad, en los cuales se han reportado principalmente daños por erosión en las cámaras de inspección, daños y pérdida de tramos de tuberías por erosión al activarse quebradas y ríos secos, o al aumentarse el caudal, ocasionando desempalme en uniones de las tuberías entre otros factores que de manera reiterada afectan la infraestructura durante su vida útil lo que ha permitido identificar el comportamiento de los sistemas ante los fenómenos.

Relacionando esta información con las problemáticas y el estado de los diferentes sistemas de acueducto y el sistema de alcantarillado de la ciudad de Popayán se establece que el sistema más vulnerable ante las amenazas antrópicas es el sistema Tulcán, ya que la vulnerabilidad administrativa en este es alta y al sumarle la vulnerabilidad física que presenta al ser el sistema más antiguo, donde en las diferentes visitas se observó el mal estado de la infraestructura la cual ha sido golpeada reiteradas veces por los fenómenos naturales, presentando cámaras de quiebre destapadas, empalmes de las tuberías o bridas deterioradas y asentamientos de las tuberías a diferencias de los otros sistemas que se encuentran en mejores condiciones.

7. CONCLUSIONES

- Gracias al análisis de la calificación de la probabilidad de las amenazas en los sistemas de acueducto y alcantarillado se determinó que los eventos que predominan en el sistema Tablazo son movimientos en masa, inundaciones, avalanchas y sequías al presentar una calificación de su comportamiento según la metodología adoptada como **inminente**, seguido por sismos, contaminación hídrica, deterioro y debilitamiento de estructuras y abandono con una calificación como **probable** y por último se encuentran las erupciones volcánicas y el atentado dinamitero.

Para el sistema Tulcán las amenazas que afectan con mayor grado su estructura y funcionamiento son los sismos, los movimientos en masa, la contaminación hídrica y el deterioro y debilitamiento de estructuras presentando una calificación de **probable**, mientras que en el sistema Palacé prevalecen los movimientos en masa y el abandono con igual calificación, ya que en su diseño y construcción se contemplaron medidas que disminuyen la vulnerabilidad física del sistema.

En cuanto al sistema de alcantarillado las amenazas que se califican como **inminente** son los movimientos en masas, las inundaciones y los flujos de escombros y residuos sólidos, seguidos por los sismos, deterioro y debilitamiento de estructuras y atentado dinamitero con una calificación de **probable**.

Por lo anterior se establece que el sistema Tablazo es afectado en su frecuencia e impacto por el mayor número de amenazas; sin embargo, esto no quiere decir que se encuentre en pésimas condiciones, sino que la probabilidad de que se materialicen estos eventos y lleguen a afectarlo es más alta.

- Para los sistemas de acueducto Tablazo y Tulcán se obtuvo un nivel de riesgo mayor al ser los sistemas más antiguos por lo que presentan mayor vulnerabilidad física debido al deterioro que presentan las estructuras de sus componentes, además la empresa no cuenta en su totalidad con las labores de mantenimiento y atención para la manifestación de las amenazas incrementando así la susceptibilidad a los daños.
- Con estudios anteriores y con la presente investigación se pudo determinar que los efectos de los fenómenos El Niño y La Niña causan mayores daños estructurales a los sistemas de acueducto y alcantarillado cuando la empresa administradora presenta deficiencias organizacionales, referentes a la vulnerabilidad administrativa; además, al realizar labores que disminuyan esta vulnerabilidad como capacitaciones y mantenimiento preventivo se necesita menos presupuesto que si se realizan las labores de rehabilitación y reconstrucción.

- Los fenómenos El Niño y La Niña alternan las condiciones hidrometeorológicas, las cuales son detonantes de amenazas como inundaciones, sequías, avalanchas y movimientos en masa ya que alteran la frecuencia y la magnitud de los efectos adversos generados, por el contrario las amenazas como los sismos y erupciones volcánicas ven alterada su vulnerabilidad mas no su frecuencia debido a que la presencia de estas amenazas está ligada a otros factores detonantes.
- El sistema Tablazo es el más vulnerable ante los deslizamientos en presencia de los fenómenos del Pacífico (El Niño y La Niña) ya que gran parte de su línea de conducción se encuentra sobre la margen izquierda del río Cauca el cual socava el talud que la soporta; en estas temporadas se incrementa el caudal haciendo que la fuerza y velocidad del agua afecte en mayor medida el talud; además, este terreno presenta un drenaje deficiente generando apozamiento que reblandece el terreno aumentando la vulnerabilidad ante este evento.
- Para el sistema de alcantarillado de la ciudad se generan mayores problemas en presencia del fenómeno La Niña a raíz de las fuertes precipitaciones generadas en estas épocas debido a que el 80% del sistema es combinado provocando que se supere la capacidad de los colectores haciendo que se presenten inundaciones y reflujos de aguas sanitarias poniendo en riesgo la estructura y la salud de los usuarios.
- Los fenómenos El Niño y La Niña alteran la vulnerabilidad física de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado debido a que tramos de estos se encuentran sin protección para factores como el sol y la lluvia que en estas temporadas se presentan con mayor intensidad, factores que debilitan o deterioran el material que componen a estas estructuras haciendo que los efectos de las amenazas naturales sean más severas.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar jornadas de capacitación periódicas para el personal en las labores de prevención y corrección ante la materialización de las amenazas que afectan los sistemas de acueducto y alcantarillado.
- Adelantar la revisión y actualización de los planes prevención y atención de las emergencias existentes en la empresa, además de la asignación del personal encargado.
- Es importante continuar con esta investigación para determinar cómo los efectos de los fenómenos alteran la magnitud y frecuencia de los eventos amenazantes de tal manera que se disponga de un diagnóstico claro para lograr realizar las labores de prevención de forma eficiente para que la empresa disminuya las pérdidas por concepto de atención de emergencias.
- La determinación del nivel de riesgo por un método de análisis cuantitativo permite suprimir el grado de subjetividad haciendo que la determinación de la amenaza y vulnerabilidad presente menor grado de incertidumbre, ya que las condiciones encontradas se aproximan a la realidad permitiendo que la empresa se vea beneficiada tanto económica como funcionalmente; por lo tanto, la empresa debe asegurarse que a partir de esta investigación se diligencien de manera adecuada cada uno de los formatos de registros propuestos en los Anexos del K al R, para las labores de mantenimiento y atención en los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad.
- Adquirir una base de datos interactiva que incluya los formatos de registro con el objetivo de que la información recopilada en campo no se pierda y sea legible en el momento de procesar o necesitarla en estudios posteriores
- Adelantar de manera oportuna las labores de atención con el fin de que los efectos de las amenazas no sean severos y por tanto las pérdidas para la empresa no se incrementen.
- Los jefes de cada división deben continuar supervisando las funciones del personal a su cargo para garantizar el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas.
- Es importante que la empresa encuentre los medios para realizar los estudios puntuales para determinar las condiciones reales respecto a los sismos y deslizamientos, tanto para el sistema de acueducto como para el de alcantarillado, ya que de esta manera se puede disminuir la vulnerabilidad adelantando las labores de reforzamiento de las estructuras en los puntos identificados como susceptibles.
- Es fundamental que en la captación de los sistemas de acueducto se disponga de equipos que permitan la medición de los caudales (máximos,

medios y mínimos), de tal manera que se cuente con registros suficientes y precisos de este parámetro

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Guía para elaborar planes de emergencia y contingencias. En d. Castro p, v. Chavarro, w. Ospina, j. J. Palacio, & G. Y. Puerto, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias (págs. 46-54). Bogota D.C., 2010.

CÁRDENAS GONZÁLEZ, E. Peligros y riesgos volcánicos en biogeografía: efectos sobre la vegetación. 2006

CARVAJAL, y. H. Efectos ecológicos del fenómeno enos en colombia. Revista peruana de bilogía(en línea), 1999, p. 152-159

COMITÉ TÉCNICO INTERAGENCIAL. Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en américa latina y el caribe. Lima, Perú, 1998.

COMUNIDAD ANDINA (CAN). Secretaria general. Atlas de las dinámicas del territorio andino: población y bienes expuestos a amenazas naturales. Lima: Bvpad, 2009.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. Plan de ordenación y manejo de la subcuenca hidrográfica del río Las Piedras. Popayán, 2006.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA - FUNDACIÓN PRO CUENCA RÍO LAS PIEDRAS. Plan de ordenación y manejo de la subcuenca río Molino - Pubús . Popayán, 2006.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A E.S.P. (s.f.). Informe final de geología y geomorfología del acueducto por gravedad de la zona norte de popayán.

GONZÁLEZ MUÑOZ, I. J. Hidrología. Popayán, 2008.

GONZÁLEZ MUÑOZ, I. J. Análisis hidroclimatológico de la subcuenca del río molino. Popayán, Cauca, 2011.

GONZÁLEZ MUÑOZ, I. J. (s.f.). Estudio de impacto ambiental. Popayán, Cauca.

HUAMÁN, A. J., & KUROIWA, j. M. (s.f.). Efectos del fenómeno de El Niño en sistemas de agua y alcantarillado costa noroeste del Perú.

HUNTINGTON, T. G. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. *Journal of hydrology*. 2005.

ICONTEC. Norma técnica colombiana, gestion de riesgo, ntc 5254. Bogotá, D.C., 2006.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METERELOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de La Niña. Bogotá, D.C., 2011.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA (INGEOMINAS). Atlas de amenaza volcánica en colombia. Popayán, cauca: Impretec Ltda, 1999.

INSTITUTO DE SUELO. DIRECCIÓN PROVINCIAL. CAMAGÜEY. (s.f.). La pérdida de suelo en los terrenos con relieve llano a ondulado.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, INAA. (s.f.). Guía técnica para la reducción de la vulnerabiidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario. Nicaragua.

KUROIWA, J. (s.f.). Investigación científica en al prevencion y atencion de desastres. Perú.

MILLÁN LÓPEZ, J. A. Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Bogotá, 2005.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, ras-2000, sección II, título I. Bogota, colombia, 2004.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, INTITUTO NACIONAL DE VÍAS; UNIVERSIDAD NACIONAL. Estudio de investigaciones del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras, manual para la inspección visual de obras de estabilización. Bogotá, D.C., 2006.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Washington, D.C., 1998.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Repercusiones sanitarias del fenómeno el niño. Boletín epidemiológico, 1998, p. 9-14.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento, segunda edición. Washington, D.C., 2004.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2006). Los servicios de agua y saneamiento: elementos críticos para proteger la salud pública . En o. P. Salud, el desafío del sector de agua y saneamiento en la reducción de desastres: mejorar la calidad de vida reduciendo vulnerabilidades. Washington, D.C., 2006, p. 9-37.

ROSABAL DOMÍNGUEZ, S. Y., y ZAPATA BALANQUE, J. A. (s.f.). Incidencia de la geomorfología en los deslizamientos de la carretera de Beltrán, Guantánamo, Cuba. Geos.

SISTEMA NACIONAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES. (s.f.). En línea. Recuperado el 13 de 07 de 2011, de http://sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=79:
http://sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=79

SUAREZ DIAS, J., y CARTAGENA, U. D. (s.f.). Clasificación de los movimientos en masa. Bucaramanga, Colombia.

VAIRAVAMOORTHY, K., GORANTIWAR, S. D., y PATHIRANA, A. Managing urban water supplies in the developing countries - climate change and the water scarcity scenarios. Physics and chemistry of the earth. 2008.

VASQUEZ, H. D., y POLANCO, O. (s.f.). El fenómeno del niño y su efecto en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Guatemala, empagua. Empagua, Guatemala.

ZÚÑIGA SILVA, V. H., y VÍQUEZ PANCHO, H. Y. Análisis de la oferta hídrica de la subcuenca río las piedras y su afectación por el fenómeno el niño. Popayán, Cauca, 2011.

Zonificación de amenazas naturales en la cuenca del río samalá y análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de san sebastián retalhuleu, guatemala, centro américa. San Sebastian, Guatemala, 2003.

ANEXOS

Anexo A. Resumen de las características de microzonificación del tramo de la línea de conducción

Ubicación	Coordenadas		Microzonificación
	Norte	Este	
Pisoje alto hasta la entrada centro recreativo Pisoje	2° 28' 17.68"	76° 33'54.13"	Zona D
	2° 28' 32.20"	76° 34' 17.72"	
Entrada centro recreativo Pisoje hasta la parte posterior conjunto cerrado Quintas de José Miguel	2° 28' 32.20"	76° 34' 17.72"	Zona C
	2° 28' 34.72"	76° 34' 23.93"	
Parte posterior conjunto cerrado Quintas de José Miguel hasta la estación florida I	2° 28' 34.72"	76° 34' 23.93"	zona restringida aledaña al cauce del río Cauca
	2° 28' 38.06"	76° 34' 26.34"	
Estación florida I hasta la parte posterior del hostel La Posada del Rancho(frente a Villa del Viento)	2° 28' 38.06"	76° 34' 26.34"	Zona C
	2° 28' 39.44"	76° 34' 28.20"	
Parte posterior del hostel La Posada del Rancho(frente a Villa del Viento) Hasta la planta de tratamiento el Tablazo	2° 28' 39.44"	76° 34' 28.20"	Zona A
	2° 28' 35.78"	76° 34' 44.24"	

Fuente: Propia del estudio

Anexo B. Datos para la determinación del caudal mínimo de inundación para el sistema Tablazo (Programa HAESTAD)

Water Surface Elevation (m)	Discharge (m³/s)	Velocity (m/s)	Flow Area (m²)	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
90.34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
90.44	0.0033	0.07	4.5e-2	1.58	1.47
90.54	0.0492	0.14	0.4	4.90	4.68
90.64	0.1939	0.23	0.8	5.32	4.98
90.74	0.4081	0.30	1.4	5.74	5.28
90.84	0.6836	0.36	1.9	6.16	5.59
90.94	1.0162	0.41	2.5	6.59	5.91
91.04	1.4046	0.46	3.1	7.02	6.22
91.14	1.7634	0.47	3.7	8.02	7.11
91.24	1.9611	0.42	4.6	11.73	10.70
91.34	2.7205	0.48	5.7	12.18	11.04
91.44	3.5808	0.52	6.8	12.63	11.37
91.54	4.5534	0.57	8.0	13.01	11.63
91.64	5.6340	0.62	9.2	13.31	11.82
91.74	6.8038	0.66	10.3	13.62	12.00
91.84	8.0598	0.70	11.6	13.93	12.18
91.94	9.3995	0.74	12.8	14.24	12.37
92.04	10.8208	0.77	14.0	14.54	12.55

Fuente: Propia del estudio

Anexo C. Registro fotográfico de la identificación de amenazas del sistema Tablazo



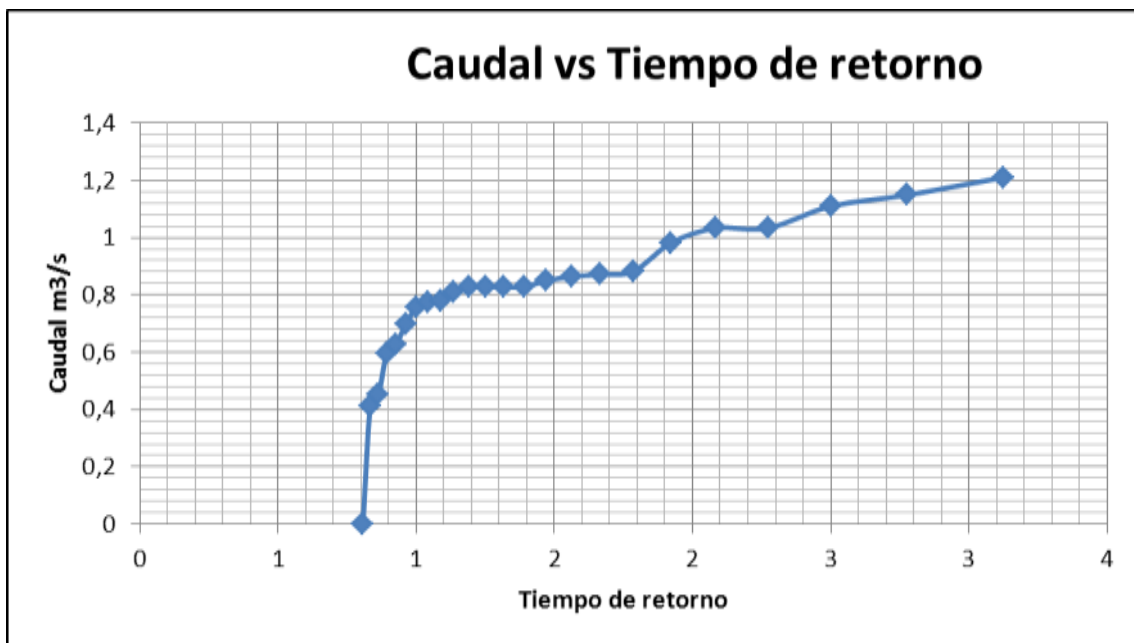
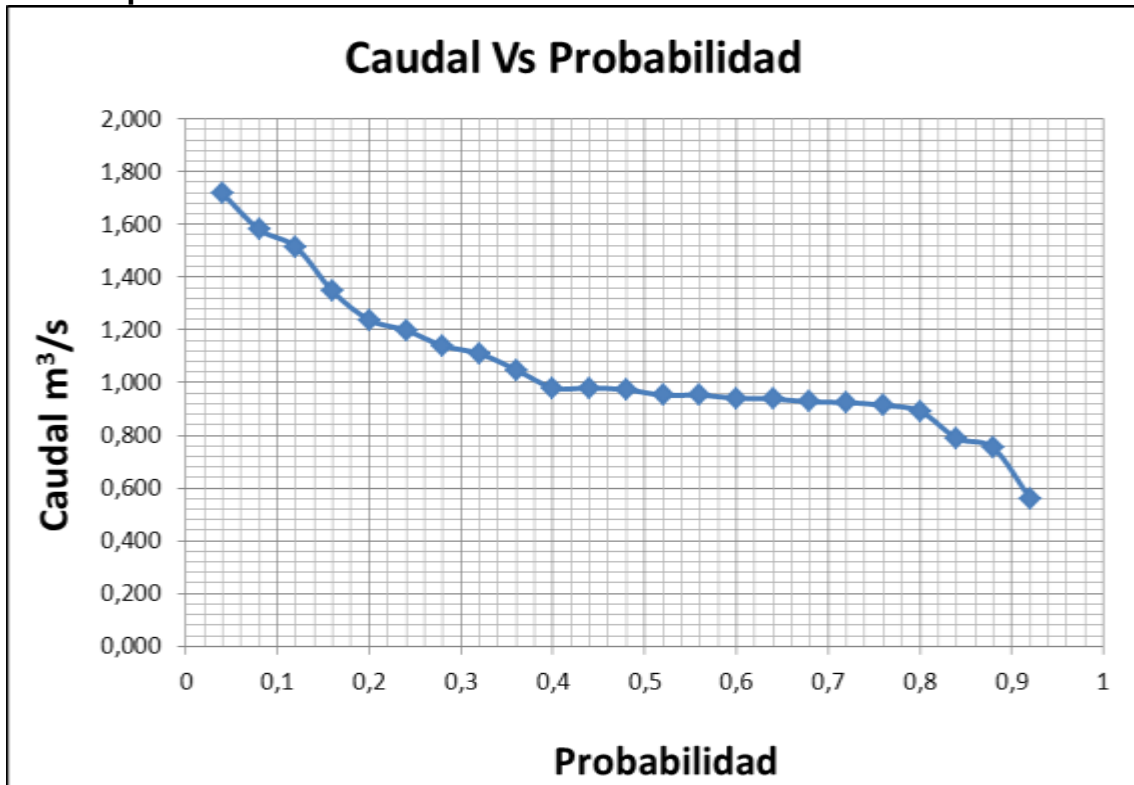






Fuente: Propia del estudio

Anexo D. Graficas de Caudal Vs Probabilidad y Caudal Vs Tiempo de retorno para el sistema Tulcán



NOTA: El caudal mínimo de inundación que se determinó fue de 18,87 m³/s para el sistema Tulcán, el cual no se registra en un periodo de tiempo razonable, como se mencionó en la evaluación de la probabilidad de la amenaza **Inundación**.

Anexo E. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Tulcán







Fuente: Propia del estudio

Anexo F. Registro fotográfico de las amenazas del sistema Palacé





Fuente: Propia del estudio

Anexo G. Caudales máximos, mínimos y medios del río Palace de la estación Puente Carretera

Año	Caudales medios	Caudales mínimos	Caudales máximos
1965	7.80		
1966	7.53		
1967	7.90		
1968	7.28		
1969	9.26		
1970	9.04	3.60	55.50
1971	8.88	3.82	75.00
1972	7.21	1.88	28.02
1973	5.92	1.50	22.60
1974	8.05	1.50	70.50
1975	9.95	3.52	48.50
1976	8.73	3.60	46.00
1977	5.40	2.40	20.40
1978	6.43	2.28	23.60
1979	6.30	2.55	35.55
1980	6.76	3.40	39.25
1981	7.25	3.05	22.82
1982	8.18	3.40	39.25
1983	7.73	3.20	50.00
1984	9.02	3.25	38.51
1985	8.73	3.40	75.70
1986	7.80	3.40	57.30
1987	5.66	2.30	50.00
1988	6.21	2.84	39.25
1989	6.37	3.20	35.55
1990	5.98	2.30	53.20
1991	6.44	2.30	24.20
1992	5.56	0.50	36.14
1993	5.90	0.50	33.24
1994	7.21	1.25	60.23
1995	4.34	0.30	22.15
1996	6.48	1.10	79.16
1997	7.26	1.20	44.93
1998	5.38	0.50	24.89
1999	8.04	1.69	46.90
2000	6.28	1.39	22.80
2001	4.97	0.65	22.80
2002	5.56	1.32	25.85
2003	5.19	1.10	22.80
2004	5.30	1.39	40.80
2005	6.91	2.88	34.38

Año	Caudales medios	Caudales mínimos	Caudales máximos
2006	6.70	2.50	26.10
2007	5.89	1.94	32.70
2008	7.91	3.00	32.70
2009	5.10	2.16	16.40
2010	7.80	2.16	20.20

Fuente: IDEAM

Anexo H. Coordenadas para las amenazas para el sistema Tablazo

Amenaza	x	y
Bocatoma Cauca	-76,537545	2,45673
Final tubería expuesta(Cámara de quiebre destapada Vda paraíso)	-76,56616	2,472051
Primer deslizamiento (conduccion)	-76,525413	2,448887
segundo Deslizamiento	-76,529113	2,450249
Tercer deslizamiento generado por creciente de quebrada	-76,530761	2,451058
Cuarto Deslizamiento(deterioro estructura por quebrada)	-76,531197	2,451433
Quinto Deslizamiento	-76,531651	2,451861
Sexto Deslizamiento	-76,531768	2,452241
Deslizamiento anterior, provocado por caída de roca q daño la tubería	-76,532417	2,453759
Septimo Deslizamiento por creciente de quebrada	-76,533294	2,454516
Octavo Deslizamiento	-76,53354	2,454552
Noveno Deslizamiento	-76,536359	2,454777
Decimo Deslizamiento	-76,5372	2,455177
decimo primero Deslizamiento por creciente de quebrada	-76,537294	2,455352
decimo segundo deslizamiento(socavacion banca)	-76,541902	2,458722
Decimo tercero Deslizamiento de banca	-76,543326	2,459242
deterioro y debilitamiento (tubería perforada)	-76,527624	2,449528
Deterioro y debilitamiento(Tubería perforada)	-76,536927	2,454942
Planta de Tratamiento Tablazo	-76,578955	2,476605
Entrada tubería subterránea	-76,558163	2,468757
Inicio tubería expuesta(Vda Paraíso)	-76,564619	2,471417
Final tubería expuesta(Vda Paraíso)	-76,558829	2,468519
Final tubería expuesta(camara contaminación hídrica)	-76,566154	2,472046
Desarenador río Cauca	-76,539999	2,458446
Inicio tubería expuesta viaducto(paso río Cauca)	-76,524856	2,447192
Salida tubería subterránea(Pisoje alto) inicio tubería expuesta)	-76,558338	2,468619
Final tubería expuesta viaducto(paso río Cauca)	-76,524813	2,447807
Carretera	-76,558979	2,468495
Bocatoma Piedras	-76,522597	2,446117
Entrada túnel aducción	-76,524089	2,446039
Salida túnel aducción	-76,524592	2,446761
Desarenador	-76,524723	2,446677
Salida tub. subt. inicio río Cauca(atras quintas)inicio tub.exp	-76,573313	2,476312
Final tubería expuesta final paso del río cauca(Folridal)	-76,573613	2,47647
Inicio tubería subterránea	-76,568422	2,474369
Entrada tubería subterránea	-76,574077	2,477487
Salida tubería subterránea	-76,57616	2,478393
camara quiebre camino viejo	-76,577563	2,476718
Bocatoma Pisoje	-76,557317	2,465842
Desarenador Pisoje	-76,558022	2,467019

Fuente: Propia del estudio

Anexo I. Coordenadas para las amenazas del sistema Tulcán

Amenazas T	Latitud Y	longitud X
Bocatoma sistema Tulcan	2,439584	-76,574232
Desarenador sistema Tulcan	2,440548	-76,575189
Planta de Tratamiento Tulcan	2,442462	-76,598829
Tuberia subterranea inicio	2,444737	-76,595942
Conta.Hidrica,camara.destapa1,despues moteles	2,442945	-76,588691
Inicio Tub.Elevada despues moteles,estruc dañada	2,442583	-76,58674
Final Tub.Elevada despues moteles,estruc dañada	2,442579	-76,586709
Tub.Subter,inicio, primera ladrillera desp,moteles	2,443142	-76,586564
Inicio Tuberia Elevada, Escaleras ruta del agua	2,443815	-76,584363
Final Tuberia Elevada, escaleras ruta del agua	2,443911	-76,584242
segundo Deslizamiento, atras ladrilleras,ventarron	2,443965	-76,584186
Tub.Sub;entr, conta.hidri.camara. desta lavadero	2,444331	-76,593417
Inicio Tuberia Elevada antes moteles	2,442646	-76,589883
inicio Tub.Elevada, paso quebrada	2,443627	-76,584994
Inicio tub. elevada, antes extrac.materi y bocato	2,443336	-76,578241
Viaducto paso rio Molino, Inicio	2,442128	-76,576172
Final Tuberia Elevada, antes moteles	2,442607	-76,589757
fnal Tub.Elevada, paso quebrada	2,443638	-76,584941
Final tube. Elevada, antes extrac.materi y bocato	2,443215	-76,578148
Viaducto paso rio Molino, Final	2,441868	-76,575954
Tuberia perforada-2-Aduccion	2,439906	-76,574517
Tuberia perforada-1-Aduccion	2,439928	-76,574566
Tuberia Subterranea, Final Despues PTAP	2,44468	-76,596577
Tuberia Subterranea, final	2,444285	-76,594915
Tub. Subt.Final, conta. hidri. camara destapada	2,443498	-76,591766
Tuberia subterranea, salida cancha Pueblillo	2,445209	-76,580834
Tuberia Subterranea, Inicio Despues de PTAP	2,445198	-76,597248
primer Deslizamiento, despues moteles	2,442577	-76,58664
Tuberia subterranea, inicio pueblillo alto	2,445178	-76,582162

Fuente: Propia del estudio

Anexo J. Coordenadas para las amenazas del sistema Palacé

Amenazas	Longitud X	Latitud Y
Desarenador Palace	-76,501458	2,497681
Cuarto Movimiento en masa. Roca(falla)	-76,501939	2,499908
Planta de Tratamiento Acueducto Norte Palace	-76,537145	2,492081
Primer Movimiento en masa.tierra.murodecontencion	-76,500547	2,498267
Segundo Movimiento en masa.roca fracturada	-76,500975	2,498217
Deterioro y debilitamiento (tuberia expuesta)	-76,502095	2,498476
Tercer Movimiento en masa.rocas sobre la linea	-76,501955	2,499516
Quinto Movimiento en masa	-76,502213	2,500242
Sexto Movimiento en masa	-76,503568	2,500188
Deterioro y debilitamiento(tuberia expuesta)	-76,506727	2,502609
Deterioro y debilitamiento(tuberia expuesta)	-76,508116	2,504485
Septimo Movimiento en masa	-76,512388	2,506328
Deterioro y debilitamiento(tuberia expuesta)	-76,530129	2,497851
Deterioro y debilitamiento(tuberia expuesta)	-76,530773	2,497355
Salida primer tunel	-76,51796	2,506597
Salida segundo tunel	-76,519147	2,501945
Salida tercer tunel	-76,529593	2,498479
Inicio tuberia elevada(viaducto)	-76,507457	2,503698
Inicio tuberia elevada(paso1)	-76,531968	2,496592
Entrada cuarto tunel	-76,533376	2,495621
Inicio tuberia elevada(paso2)	-76,535086	2,494229
Inicio tuberia elevada(paso3)	-76,535839	2,493581
Final tuberia Expuesta(viaducto)	-76,507748	2,503885
Salida tuberia elevada(paso1)	-76,532115	2,496487
Salida cuarto tunel	-76,534141	2,494909
final tuberia elevada(paso2)	-76,535199	2,49414
Final tuberia elevada(paso3)	-76,535845	2,493429
Bocatoma Acueducto del Norte Palace	-76,499448	2,496992
Entrada primer tunel	-76,516789	2,507131
Entrada segundo tunel	-76,518353	2,5051
Entrada tercer tunel	-76,517889	2,500044

Fuente: Propia del estudio

Anexo K. Formato para la actualización del Comité para las Labores de Mantenimiento

Formato para la actualización del Comité de Mantenimiento Preventivo	
Sistema	Encargados
Acueducto Tulcán Ingeniero Rodrigo Velasco	Debido a que no se tiene personal constante que realice estas actividades, se deben establecer las cuadrillas o los por lo menos los cargos que se necesiten para llevar a cabo estas funciones.
	Bocatomo: Carlos Manzano
Acueducto Tablazo Ingeniero Rodrigo Velasco	Debido a que no se tiene personal constante que realice estas actividades, se deben establecer las cuadrillas o los por lo menos los cargos que se necesiten para llevar a cabo estas funciones.
	Bocatomo: German Hernández
Acueducto Palacé Ingeniero Rodrigo Velasco	Debido a que no se tiene personal constante que realice estas actividades, se deben establecer las cuadrillas o los por lo menos los cargos que se necesiten para llevar a cabo estas funciones.
	Bocatomo: no se encuentra asignado
Alcantarillado Ingeniero Pedro Paredes	Comuna 4,5,6 y 8 Javier Gonzales Dorado, Gildardo Certuche y Jhon Darío Bolaños
	Comuna 4: Marcelino Rivera, Raúl Mosquera Y Armando Gutiérrez
	Comuna 1,2,3,4,8 y 9: José Onober López Días, Reinaldo Velasco, Harold Mosquera e Isaac Pacheco o Raúl Mosquera
<p>Labores para realizar de forma constante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Poda: cada 15 días ✓ Limpieza de la bocatoma: Diario o según las condiciones climáticas ✓ Lavado de los Desarenadores: ✓ Retiro de material caído: cuando sea necesario ✓ Despeje de las vías de acceso a los componentes del sistema: cada 15 días ✓ Recorridos en las zonas de influencia: cada 15 días ✓ Inspección de los colectores del alcantarillado: De acuerdo al plan <p>Labores para evitar la manifestación de las amenazas cuadro 41</p> <p>Nota: las labores de mantenimiento se deben realizar con mayor frecuencia en las temporadas invernales o con influencia del fenómeno La Niña</p>	

Fuente: Propia del estudio

Anexo L. Formato para la actualización del Comité de Atención de Emergencias

Formato de conformación del Comité de Atención	
Sistema	Encargados
Acueducto Tulcán	Responsable: Ingeniero Rodrigo Velasco
	Bocatomo: Carlos Manzano
	Debido que no se tienen estipuladas las funciones y el personal para la atención de emergencias, se recomienda organizar este comité con el en fin de garantizar la atención oportuna de los eventos.
Acueducto Tablazo	Responsable: Ingeniero Rodrigo Velasco
	Bocatomo: German Hernández
	Debido que no se tienen estipuladas las funciones y el personal para la atención de emergencias, se recomienda organizar este comité con el en fin de garantizar la atención oportuna de los eventos.
Acueducto Palacé	Responsable: Ingeniero Rodrigo Velasco
	Bocatomo: No se encuentra asignado
	Debido que no se tienen estipuladas las funciones y el personal para la atención de emergencias, se recomienda organizar este comité con el en fin de garantizar la atención oportuna de los eventos.
Alcantarillado	Comuna 4,5,6 y 8 Javier Gonzales Dorado, Gildardo Certuche y Jhon Darío Bolaños
	Comuna 4: Marcelino Rivera, Raúl Mosquera Y Armando Gutiérrez
	Comuna 1,2,3,4,8 y 9: José Onober López Días, Reinaldo Velasco, Harold Mosquera e Isaac Pacheco o Raúl Mosquera
<p>Procedimiento de atención:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocimiento y diagnóstico de la afectación del sistema para determinar los componentes que fueron afectados, se debe diligenciar el formato de registro de daños (dentro de las 12 horas siguientes a la manifestación del evento) 2. Reunión o comunicación con el comité de emergencias donde se rinda informe del punto 1 y estipule las acciones y requerimientos de maquinaria, personal y materiales para la atención. 3. Atención de la emergencia por medio de labores correctivas establecidas en el cuadro 41 para restablecer el funcionamiento normal del sistema. 	

Fuente: Propia del autor

Anexo M. Conformación del Comité de Emergencias

Formato de conformación del Comité de Emergencias		
Nombre	Cargo	Teléfono celular
Mauricio Andrés Chaparro Rojas	Gerente general	
Ingeniero Rodrigo	Jefe del área de producción	
Alba Lucia Otero	Jefe del área administrativa	
Alba lucia Otero	Jefe del área de bienes y servicios	
Ingeniero José Giovanni Obando	Jefes del área de obras e ingeniería (subgerencia Técnica)	
Ingeniero Mauricio Ramírez	Jefe división acueducto	
Ingeniero Pedro Paredes	Jefe de la división de alcantarillado	
Martha Liliana Imbachí	Sección almacén	
Clara Tobar	Sección presupuesto y costos	
<p>Funciones: El comité central de emergencia es el órgano funcional y decisorio responsable de planificar, organizar y dirigir los recursos humanos, materiales, económicos y las actividades relacionadas con respuesta, rehabilitación y reconstrucción en las situaciones de emergencias y desastres.</p>		

Fuente: Propia del estudio

Anexo N. Formato para el registro de avance de las actividades de prevención y atención

Actividad	Detalle	Encargado	Porcentaje de avance
Labores constructivas	Refuerzo de las estructuras para lograr disminuir la vulnerabilidad física de los sistemas		
Realización de jornadas específicas de capacitación	Capacitaciones ante las manifestaciones de los fenómenos El Niño y La Niña		
	Capacitaciones de labores preventivas y correctivas ante los fenómenos El Niño y La Niña		
	Capacitaciones de prevención y atención para las amenazas generales presentes en los sistemas.		
Actualización de planes de operación y mantenimiento	Cronogramas de las labores de operación y mantenimiento		
	Actualización de la asignación del personal para realizar estas labores		
Actualización de planes de atención	Revisar y reformar los planes de acción existentes		
	Actualizar la asignación del personal encargado de atender las emergencias		
Formatos de registros	Diligenciar oportuna y correctamente los formatos de registros de eventos amenazantes		
Mantenimiento de equipos y herramientas	Elaborar cronogramas de revisión y mantenimiento de los equipos y maquinaria de la empresa		

Fuente: Propia del estudio

Anexo O. Formulario para el registro de daños ocasionados por la materialización de las amenazas

Formato para el registro de daños		
Fecha:/...../.....(1)		
Encargado:		
Componentes dañados: (2).....		
Descripción del daño: (3).....		
Localización del componente dañado: (4):		
Pérdida de agua: (5)		
Fuga de agua	SI ()	NO ()
Considerable:		
Mediana:.....		
Pequeña:.....		
Otra (indicar):.....		
Peligro latente (indicar): (6).....		
Requerimientos: (7).....		
Tiempo estimado de rehabilitación (días):		(8)
Recomendación: (9) Corte del servicio	SI ()	NO ()
Observaciones (10).....		

Fuente: Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz

Indicaciones para llenar el formulario de registro de daños

- (1) Colocar la fecha en que se efectúa la evaluación.
- (2) Identificar y describir el componente dañado
- (3) Describir brevemente el daño apreciado en el componente, sea éste directo o indirecto.
- (4) Indicar la localización precisa del componente.
- (5) Estimar, a ser posible, la pérdida de agua.
- (6) Indicar si existe peligro de que se colapse el componente u se ocasionen daños mayores.
- (7) Estimar o indicar los recursos humanos, materiales y logísticos requeridos para la reparación del componente dañado.
- (8) Estimar el tiempo de rehabilitación en días.
- (9) Si el componente estuviera fuera de servicio, indicar el número de días; en caso contrario, precisar las medidas necesarias para que continúe funcionando.
- (10) Anotar información que no esté incluida en la encuesta; ejemplo: estado de accesos, rutas alternas, etc.

Nota: Incluir cualquier información adicional o croquis sobre el daño al reverso.

Anexo P. Formato de registro para las labores de mantenimiento de maquinaria y equipos

Formato para de labores de mantenimiento de maquinaria y equipos	
Fecha:	/...../.....
Encargado:

Equipo o maquinaria:.....

Descripción del procedimiento:

Costo:
Tiempo estimado de rehabilitación:.....	
Observaciones:.....

Fuente: Propia del estudio

Anexo R. Formulario para el registro de inspecciones periódicos para la identificación de amenazas

Formato para identificación de amenazas		
Fecha:/...../.....(1)		
Encargado:		
Amenazas encontradas:		
Descripción de las amenazas encontradas:.....		
Localización de las amenazas:		
Fuga de agua	SI ()	NO ()
Considerable:		
Mediana:.....		
Pequeña:.....		
Otra (indicar):.....		
Peligro latente:.....		
Requerimientos:.....		
Tiempo estimado de rehabilitación (días):.....		
Recomendación:.....		
Corte del servicio	SI ()	NO ()
Observaciones (10).....		

Fuente: Propia del estudio