FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO DEL CORREGIMIENTO DE PALERMO EN EL MUNICIPIO DE PAIPA

PRODUCTO 8. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

CONSULTOR

T&M INGENIERIA Y SOLUCIONES AMBIENTALES S.A.S.

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 619 DE 2023

DICIEMBRE
2023

CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Versión	Revisado por:	Aprobado por:
04/12//2023	01		
Firma:			

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1 GENERAL 6
2.2 ESPECÍFICOS 6
3. METODOLOGÍA 7
3.1 Identificación de las Vulnerabilidades 11
3.2 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS 11
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 12
4.1 LOCALIZACIÓN 12
4.2 ALCANTARILLADO EXISTENTE 14
4.3 identificación de los escenarios de vulnerabilidad riesgos y amenza en el centro poblado del corregimiento de palermo 15
4.3.1 Caracterización Geológica 15
4.3.2 Caracterización Geomorfológica 16
4.3.3 Nivel Freático 18
4.3.4 Factores sísmicos 18
4.3.5 Recursos Hídricos 19
4.3.6 Clasificación e Identificación de Amenazas 20
4.3.6.1 Amenaza por inundación 22
4.3.6.2 Amenazas e impactos Naturales 25
5. EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS IDENTIFICADOS 26
6. INSTRUMENTOS NORMATIVOS 29
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30
8. BIBLIOGRAFÍA 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lineamientos en la evaluación de los escenarios de riesgo 7
Figura 2 Secuencia de pasos para incorporar criterios de gestión del riesgo de desastres 9
Figura 3 Administración de la Resolución de Riesgo y desastre 10
Figura 4 Clasificación de las Amenazas 11
Figura 5 Localización geográfica del área del proyecto 13
Figura 6 Veredas del corregimiento de Palermo 13
Figura 7 Identificación del Alcantarillado Existente en el corregimiento de Palermo 14
Figura 8 Sistema de Alcantarillado Existente del Corregimiento de Palermo 14
Figura 9 Caracterización Geológica del corregimiento de Palermo 16
Figura 10 Caracterización Geomorfológica del corregimiento de Palermo 17
Figura 11 Descripción de los elementos geomorfológicos 17
Figura 12 Identificación de la zona mas vulnerable a inundaciones en el centro poblado del corregimiento de Palermo 18
Figura 13 La región del Municipio de Paipa se estima con Amenaza sísmica Alta, por lo cual se exige se cumpla con los parámetros constructivos establecidos de la norma de sismo resistencia NSR-10. 21
Figura 14 Categorización de la Amenaza. 21
Figura 15 Amenazas por avenidas Torrenciales. 22
Figura 16 Tipo de Inundaciones Causas y Efectos. 23
Figura 17 Zona de inundación del centro poblado del corregimiento de Palermo. 23
Figura 18 Desbordamiento del Rio Palermo. 24
Figura 19 Desbordamiento en el sector del Puente de los Medios. 24
Figura 20 Amenazas naturales. 25
Figura 21 Estimación de Costo aproximado de Daño 26
Figura 22 Clasificación del Riesgo 26
Figura 23 Medidas de Intervención según la clasificación del riesgo 27
Figura 24 Medidas de Intervención según el tipo 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de Aa, Av, Ae y Ad en el municipio de Paipa. 19
Tabla 2 Cuencas del municipio de Paipa 20

1. INTRODUCCIÓN

La identificación de escenarios de amenaza y vulnerabilidad en la formulación del plan maestro de alcantarillado del centro poblado del corregimiento de Palermo es crucial para garantizar la seguridad y el éxito de este. Este proceso implica la evaluación sistemática de posibles riesgos y debilidades que podrían afectar al proyecto en diferentes etapas. En el presente informe se destacan algunos puntos clave sobre la importancia de esta identificación:

Gestión proactiva de riesgos: Consiste en identificar amenazas y vulnerabilidades lo cual permite a los equipos de proyecto anticipar posibles problemas en lugar de simplemente reaccionar a ellos. Al ser proactivos, se pueden implementar medidas preventivas y de mitigación para reducir la probabilidad de que ocurran eventos adversos.

Protección de activos: La identificación de amenazas ayuda a proteger los activos críticos del proyecto, como datos sensibles, recursos financieros y tecnológicos. Al comprender los posibles escenarios de riesgo, se pueden implementar medidas de seguridad adecuadas para minimizar la exposición y proteger los recursos valiosos.

Cumplimiento de regulaciones y normativas: En muchos casos, los proyectos deben cumplir con regulaciones y normativas específicas. La identificación de amenazas y vulnerabilidades ayuda a garantizar el cumplimiento de estos requisitos al implementar controles de seguridad que aborden los riesgos específicos asociados con las regulaciones aplicables.

Aseguramiento de la continuidad del proyecto: Al anticipar y abordar posibles amenazas y vulnerabilidades, se mejora la capacidad del proyecto para mantenerse en curso incluso en situaciones adversas. Esto es esencial para garantizar la continuidad operativa y minimizar cualquier impacto negativo en los objetivos y plazos del proyecto.

Fortalecimiento de la reputación: La gestión efectiva de riesgos y la implementación de medidas de seguridad demuestran un compromiso con la integridad y la confiabilidad del proyecto. Esto contribuye a fortalecer la reputación de los responsables del proyecto y genera confianza entre los interesados, como clientes, inversores y partes interesadas.

Actualmente, el corregimiento de Palermo presenta dos puntos de vertimiento directo al río Palermo y cuatro puntos ubicados a lo largo de la quebrada La Venta. Esta situación ha generado un deterioro significativo en estas fuentes hídricas; Por ende, el propósito de este informe es identificar los posibles escenarios de vulnerabilidad, riesgos y amenazas asociados y así desarrollar una propuesta metodológica y conceptual que se aplicará en la elaboración de estudios de amenazas, vulnerabilidades y riesgos relacionados con la infraestructura de alcantarillado, esta iniciativa se lleva a cabo con el objetivo de cumplir con los preceptos establecidos en los artículos 334, 336, 365 a 370 de la Constitución Política de Colombia. Estos artículos hacen hincapié en el derecho fundamental de las personas a vivir en condiciones dignas, en un entorno de bienestar general y con la mejora constante de la calidad de vida. Este enfoque se alinea con uno de los objetivos principales de la formulación del plan maestro de alcantarillado para el centro poblado del corregimiento de Palermo.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Realizar propuesta metodológica y conceptual que aplicará para la elaboración de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de desastres de la infraestructura de Alcantarillado.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar información requerida para adelantar los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de la infraestructura requerida para el proyecto.
- Definir los escenarios de riesgo, donde se identifiquen las pérdidas probables por evento y el riesgo mitigable.
- Definir el procedimiento para la priorización de riesgos a intervenir y como se establecerán las medidas de reducción del riesgo de desastres.

3. METODOLOGÍA

La finalidad de implementar una metodología para la identificación de escenarios de vulnerabilidad, análisis de riesgos y amenazas consiste en identificar posibles inconvenientes que podrían surgir durante la planificación y ejecución de un proyecto o en el desarrollo de un proceso específico. De esta manera, se busca clasificar y priorizar los riesgos y/o amenazas detectadas, permitiendo la adopción de medidas preventivas o correctivas correspondientes.

Para el análisis de la gestión del riesgo que puede presentarse en el desarrollo del proyecto de la formulación del plan maestro de alcantarillado del centro poblado del corregimiento de Palermo, es necesario seguir unos lineamientos los cuales permiten el desarrollo y la evaluación de los escenarios de riesgo, estos lineamientos se presentan a continuación.

Figura 1 Lineamientos en la evaluación de los escenarios de riesgo



Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en la Guía para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático durante la formulación de Proyectos de Inversión Pública del Departamento de Planeación Nacional – DNP, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD.

1. Identificación del Riesgo

En esta fase, como su nombre lo sugiere, es crucial identificar los posibles riesgos a los que el proyecto podría enfrentarse, tanto aquellos de origen interno como externo. Estos riesgos deben ser considerados tanto desde una perspectiva positiva, en términos de cómo podrían contribuir al mejoramiento de ciertas actividades, como desde una perspectiva negativa, dado que podrían afectar directamente el cumplimiento de los objetivos establecidos. Para abordar esta tarea de manera efectiva, es imperativo contar con toda la información necesaria y actualizada sobre el proyecto.

2. Análisis del riesgo

La realización de este análisis puede adaptarse según diversos niveles de detalle y complejidad, los cuales deben ser considerados en función de los objetivos específicos que se buscan alcanzar. Asimismo, resulta crucial evaluar la disponibilidad y confiabilidad de la información, así como los recursos disponibles. Frecuentemente, se opta por la aplicación de técnicas cualitativas, cuantitativas o la combinación de ambas, según los requerimientos particulares del proyecto en cuestión.

3. Valoración del riesgo

Este paso reviste una importancia fundamental, dado que incide directamente en el proceso de toma de decisiones. Cuando nos referimos a la valoración, estamos aludiendo a la meticulosa comparación entre los resultados derivados del análisis y los criterios previamente establecidos para cada riesgo. El propósito es discernir el momento oportuno para la implementación de un plan adicional.

4. Mitigación del riesgo

La selección de las estrategias más apropiadas para abordar los riesgos está condicionada por el equilibrio que se logre entre los beneficios derivados del cumplimiento de los objetivos y los costos, esfuerzos y desventajas asociados. En este sentido, es crucial considerar los siguientes aspectos:

- Explorar diversas alternativas para el tratamiento de riesgos.
- Evaluar la eficiencia y eficacia de cada opción.
- Verificar la aceptabilidad del riesgo residual.
- En caso de que el riesgo residual resulte inaceptable, generar nuevas opciones de tratamiento.

Una vez que se hayan completado los pasos mencionados anteriormente, se procederá a llevar a cabo la correspondiente integración de los criterios que deben considerarse en la identificación de escenarios de vulnerabilidad, así como en el análisis de riesgos y amenazas. Estos elementos son fundamentales para llevar a cabo una gestión de riesgos efectiva.

Figura 2 Secuencia de pasos para incorporar criterios de gestión del riesgo de desastres



Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en la Guía para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático durante la formulación de Proyectos de Inversión Pública del Departamento de Planeación Nacional – DNP, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD.

Finalmente, una vez caracterizados e identificados los escenarios de vulnerabilidad riesgos y amenazas se debe realizar la implementación de un plan de gestión de riesgos en el proyecto ya que es fundamental para asegurar su éxito y minimizar posibles contratiempos, por ello un plan de implementación bien estructurado proporciona una guía detallada sobre cómo identificar, evaluar y abordar los riesgos potenciales que podrían afectar el logro de los objetivos del proyecto. Al tener un enfoque proactivo hacia la gestión de riesgos, el equipo de proyecto puede anticipar posibles obstáculos y desarrollar estrategias efectivas para mitigarlos.

Un plan de implementación también facilita la comunicación efectiva dentro del equipo y con las partes interesadas, estableciendo roles y responsabilidades claras en relación con la gestión de riesgos. Además, permite asignar recursos adecuados para abordar los riesgos identificados y establecer un marco para monitorear continuamente el entorno del proyecto en busca de nuevas amenazas o cambios en los riesgos existentes.

La planificación cuidadosa de la implementación del control de la gestión de riesgos no solo aumenta la probabilidad de éxito del proyecto, sino que también contribuye a la toma de decisiones informada. Al anticipar y gestionar de manera proactiva los riesgos, el equipo puede mejorar la calidad de la ejecución del proyecto, garantizando la entrega oportuna y dentro del presupuesto establecido. En resumen, un plan de implementación de gestión de riesgos es esencial para garantizar la resiliencia y la eficacia en todas las etapas del proyecto y así mismo debe ir de la mano con la administración de la resolución de riegos a desastres la cual esta caracterizada por los siguientes factores:

Figura 3 Administración de la Resolución de Riesgo y desastre



Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en el texto Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

Para llevar a cabo una identificación precisa de vulnerabilidades, es importante tener un conocimiento detallado de las amenazas comunes, el inventario completo de activos y el catálogo de controles en vigor.

Se pueden identificar vulnerabilidades en las siguientes áreas de un proyecto:

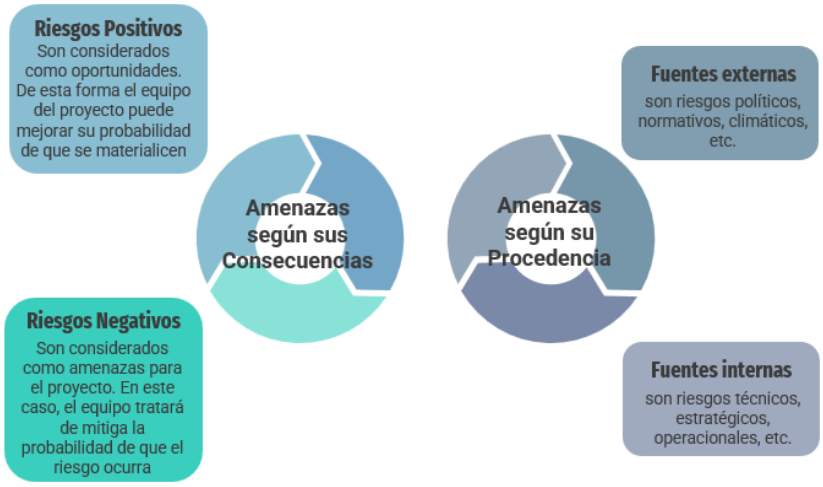
- Organización.
- Procesos y procedimientos.
- Rutinas de gestión.
- Personal.
- Ambiente físico.
- Localización del proyecto.

De igual manera se debe tener en cuenta que la existencia de una vulnerabilidad no conlleva a daños, ya que es imprescindible la presencia de una amenaza para que pueda ser explotada. Una vulnerabilidad sin una amenaza asociada puede no demandar la implementación de medidas de control ya que la vulnerabilidad es igual al Riesgo más la amenaza.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

Las amenazas pueden surgir tanto de fenómenos naturales como de acciones humanas, y su origen puede ser tanto accidental como intencional. Por ende, se aconseja identificar exhaustivamente todas las fuentes de amenazas, ya sean accidentales o deliberadas**.**

Figura 4 Clasificación de las Amenazas



Fuente: elaboración propia a partir de la información encontrada en la guía de Gestión de riesgos.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El corregimiento de Palermo cuenta con un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) aprobado por la corporación mediante la Resolución 0039 del 08 de enero de 2015, con un horizonte de 10 años. Sin embargo, en la actualidad, se observa la existencia de dos puntos de vertimiento directo al Río Palermo y cuatro puntos de vertimiento sobre la quebrada La Venta, provocando un deterioro en estas fuentes hídricas.

Es importante destacar que, aunque el PSMV aprobado contempla solo dos emisarios finales que descargan en diferentes puntos del río Palermo, esta situación no abarca de manera integral el sistema de alcantarillado en la actualidad.

En el municipio, carecemos actualmente de documentos técnicos esenciales, como el Plan Maestro de Alcantarillado, que podrían servir como base para que la Administración Municipal tome decisiones y emprenda acciones orientadas a eliminar los vertimientos de aguas existentes. Esto resultaría en la descontaminación de las fuentes receptoras, cumpliendo así con las disposiciones legales en materia ambiental.

En este contexto, se destaca la necesidad imperativa de cumplir con el acuerdo establecido en la Resolución 0039 del 08 de enero de 2015, que en su ARTÍCULO SEXTO define metas de reducción de carga contaminante expresadas en DBO5 y SST. Esto debe llevarse a cabo conforme al cronograma y plan de acción establecidos en dicho acuerdo.

La formulación del Plan Maestro de Alcantarillado no solo permite identificar aspectos ambientales de regulación, sino que también posibilita la evaluación de impactos ambientales del sistema de alcantarillado. Esto garantiza el cumplimiento de regulaciones y normativas ambientales, así como la obtención de permisos ambientales relevantes que puedan incluir medidas de protección para los cuerpos de agua afectados por la disposición inadecuada de vertimientos. En última instancia, este enfoque tiene como objetivo reducir la contaminación y fomentar la sostenibilidad en el corregimiento de Palermo.

4.1 LOCALIZACIÓN

Ubicado en la provincia de Tundama, Palermo limita con cinco municipios: Charalá (Santander), Gambita (Santander), Paipa, Duitama y Sotaquirá, distando a tan solo 31 km del centro de Paipa.

Palermo se destaca como un notable destino turístico al encontrarse rodeado de diversos páramos significativos de Boyacá, cuyas elevaciones dan origen a relevantes quebradas, ríos y cascadas. Además, posee una extensa reserva hídrica que abastece a múltiples municipios.

Figura 5 Localización geográfica del área del proyecto



Fuente: Imagen tomada por el equipo consultor.

El corregimiento de Palermo se encuentra conformado por nueve veredas de la siguiente manera:

Figura 6 Veredas del corregimiento de Palermo



Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en el EOT del corregimiento de Palermo.

4.2 ALCANTARILLADO EXISTENTE

El alcantarillado existente en el corregimiento de Palermo esta conformado por un sistema combinado y actualmente no cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

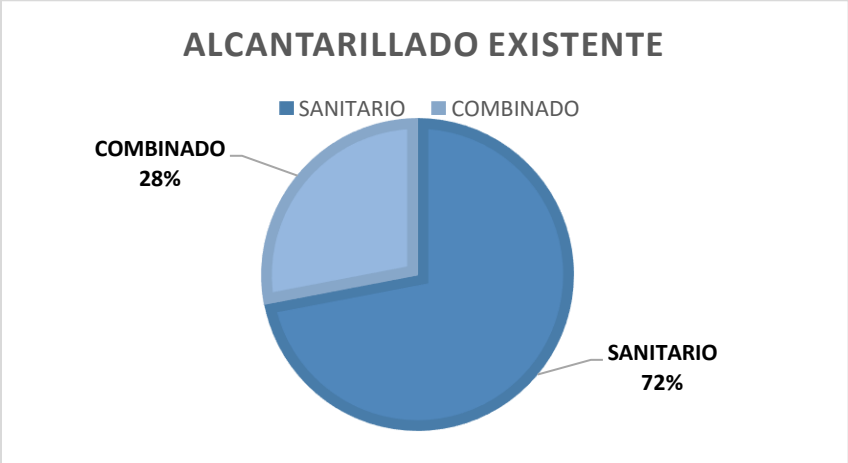
Figura 7 Identificación del Alcantarillado Existente en el corregimiento de Palermo



Fuente: imagen tomada por el equipo consultor.

Actualmente el corregimiento cuenta en su sistema de Alcantarillado con 50 pozos, de los cuales 36 son sanitarios y 14 combinados, con diámetros de tubería oscilantes entre las 6” y 16” con materiales en concreto y PVC.

Figura 8 Sistema de Alcantarillado Existente del Corregimiento de Palermo



Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo por el equipo consultor.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD RIESGOS Y AMENZA EN EL CENTRO POBLADO DEL CORREGIMIENTO DE PALERMO

Teniendo en cuenta que la mayoría de la información se encuentra generalizada se realizará una correlación conceptual de los eventos de mayor recurrencia y los de mayor magnitud sobre la prestación de los servicios de Alcantarillado y alcantarillado en la municipalidad objeto de estudio, es decir del municipio de Paipa.

Para llevar a cabo el análisis de la gestión del riesgo en el centro poblado del corregimiento de Palermo, se realizará inicialmente una caracterización geoambiental exhaustiva del territorio. En este contexto, se abordarán aspectos como la geología, geomorfología, unidades geológicas superficiales, así como las coberturas y usos de la tierra. Simultáneamente, se llevará a cabo una detallada caracterización climática del área de estudio.

Adicionalmente, se presentarán los registros históricos de eventos ocurridos en la zona para cada una de las amenazas identificadas. Este análisis se basará en información recopilada tanto de fuentes secundarias como de trabajo de campo, complementado con procesos de participación ciudadana.

Con toda esta información recopilada, analizada y expuesta, se procederá a la delimitación y zonificación de los estudios correspondientes a cada amenaza. Estos estudios se diferenciarán en los ámbitos rural y urbano según sea necesario, considerando las diferencias metodológicas inherentes a cada tipo de amenaza y la escala utilizada (ya sea rural o urbana).

4.3.1 Caracterización Geológica

De acuerdo con la información geológica disponible y a los controles de campo realizados, en el centro poblado Palermo del municipio de Paipa, se presentan depósitos asociados a suelos antrópicos, residuales y transportados. Es por esto por lo que, debido a su morfología, su expresión geológica, se encuentra según la descripción de las unidades cronoestratigráficas en la clasificación b1-Sct la cual se encuentra variedad de cuarzo arenitas de grano fino a conglomeráticas con intercalaciones de lodolitas y conglomerados.

Figura 9 Caracterización Geológica del corregimiento de Palermo



Fuente: Imagen tomada de la Plancha 5-09 AGC 2020

4.3.2 Caracterización Geomorfológica

La región de estudio se encuentra ubicada en la provincia morfológica de la Cordillera Oriental, una cadena montañosa con estructuras plegadas, delimitada en ambos flancos por fallas inversas de dirección opuesta. Estas fallas han conferido a la región una estructura original en flor cuando se observa en sección transversal.

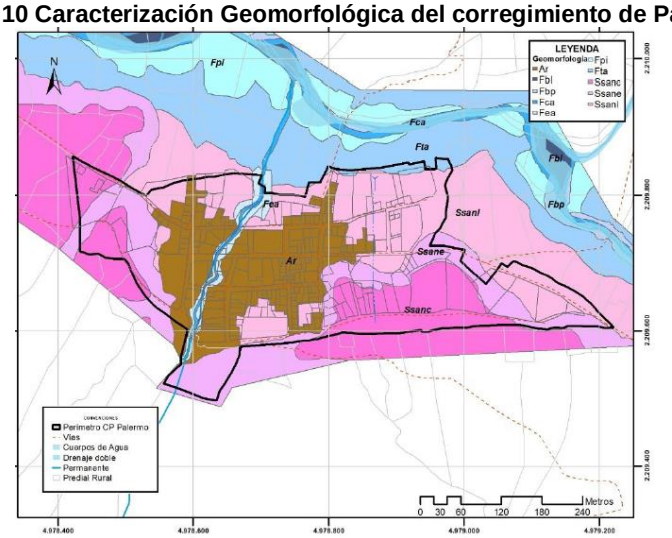
Dentro de los diversos rasgos morfoestructurales que caracterizan a esta cordillera, destacan al norte de Bogotá varios anticlinales. Estos están bordeados al este y oeste por numerosas fallas y están compuestos por sedimentación del Jurásico y Cretáceo, que cubre el zócalo premesozoico. Cerca de la ciudad de Paipa, la falla de Boyacá separa al norte los sedimentos del Jurásico y al sur los del Cretáceo. En esta región, los sedimentos cretácicos forman pliegues notables que se extienden entre Bogotá y Duitama, configurando amplios sinclinares rellenados por sedimentos neógenos continentales y cuaternarios lacustres, glacifluviales y fluviales. Estos depósitos se han acumulado debido a una subsidencia reciente y continua, según señalado por Thouret en 1981.

La zona se sitúa en altitudes que oscilan entre los 2500 y 2600 metros sobre el nivel del mar, caracterizándose por un clima frío a muy frío. Los suelos presentan deficiente drenaje,

baja fertilidad y una evolución limitada, con una profundidad media, según la clasificación agrológica del IGAC, catalogada como A5.

La configuración geomorfológica actual es el resultado directo de la actividad tectónica en la región y la modelación de eventos cuaternarios que han tenido lugar en los últimos periodos geológicos. El sistema de drenaje principal está controlado por el río Chicamocha, que discurre en las cercanías del área del proyecto. La región ha experimentado aportes de depósitos recientes, principalmente de origen lacustre, coluvial y fluvial, dando lugar a terrenos de composición mixta. La Unidad de Área Única (UAU) 1 se encuentra ubicada sobre un depósito aluvial cuaternario.

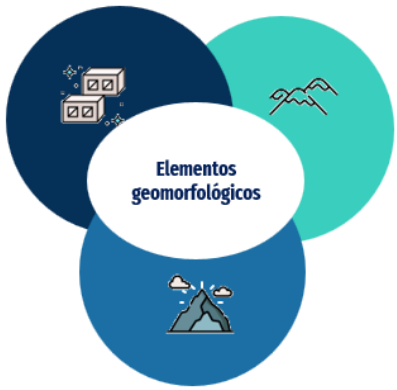
Figura 10 Caracterización Geomorfológica del corregimiento de Palermo



Fuente: Imagen tomada del texto Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

Figura 11 Descripción de los elementos geomorfológicos

Antrópico	Fluvial	Estructural
Materiales de gravas, bloques y arena bien compactados, comunmente son de escombros y desechos de construcción **Nomenclaturas Ar**	Superficie de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones. **Nomenclaturas Fbl,Fbp,Fca,Fea,Fpi, Fta**	Presenta un perfil topográfico que puede variar entre convexo e irregular, con presencia ocasional de afloramientos rocosos que pueden tener la apariencia de cresta o punta aguda; puede presentar prominencias topográficas elongada de morfología montañosa. **Nomenclaturas Ssanc, Ssane, Ssanl**



Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en el Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

4.3.3 Nivel Freático

El desencadenante de las lluvias requiere considerar la profundidad de la tabla de agua y su influencia en el desprendimiento de la masa deslizante. En los sondeos exploratorios, no se observó el nivel freático a la altura de los apiques realizados en el perfil del suelo. Por lo tanto, para este estudio, se optó por emplear un escenario de suelo semisaturado, lo que implica asumir una situación intermedia en la cual el nivel freático se sitúe en la mitad del espesor total de la capa de suelo susceptible de desplazamiento.

A partir de los sondeos llevados a cabo en la zona del proyecto se evidencia que la proximidad del río y las elevadas montañas contribuyen significativamente a la acumulación de agua en las áreas propensas a inundaciones en el centro poblado del corregimiento de Palermo. La presencia de estos elementos geográficos no solo intensifica la capacidad de retención de agua, sino que también aumenta el riesgo de inundaciones en la zona. Esta correlación entre la presencia del río, las montañas y la acumulación de agua subraya la importancia de implementar medidas preventivas y estrategias de gestión de riesgo para mitigar los posibles impactos negativos en esta comunidad que el altamente vulnerable.

Figura 12 Identificación de la zona mas vulnerable a inundaciones en el centro poblado del corregimiento de Palermo



Fuente: Imagen tomada por el equipo consultor

4.3.4 Factores sísmicos

Debido a la ausencia de estudios de microzonificación sísmica en la región, resulta imperativo adoptar los parámetros de diseño sismorresistente establecidos por el código NSR-10. Este código categoriza la zona como una de amenaza sísmica alta, lo que implica la obligatoriedad de emplear los movimientos sísmicos de diseño especificados en dicho código. Estos movimientos pueden ser expresados a través del espectro elástico de diseño o mediante familias de acelerogramas, con la correspondiente verificación del umbral de daño. Es posible utilizar los factores de aceleración pico efectivo (Aa) y velocidad pico efectiva (Av).

La aplicación de fuerza sísmica horizontal sobre materiales potencialmente inestables en una ladera puede intensificar la posibilidad de deslizamientos al aumentar el esfuerzo cortante. Este incremento se traduce en una disminución de la resistencia debido al aumento de la presión de poros y a las deformaciones asociadas con la onda sísmica, eventualmente conduciendo a la falla por esfuerzo cortante (Alzate, 2012).

La determinación de la aceleración sísmica se basó en datos generados conforme a la norma de Sismo Resistente NSR-10 y otros lineamientos contemplados por dicha normativa.

Tabla 1 Valores de Aa, Av, Ae y Ad en el municipio de Paipa.

Paipa	15516	0.20	0.25	Alta	0.12	0.06

Fuente Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

Las infraestructuras proyectadas en la Formulación del plan maestro de alcantarillado para el centro poblado del corregimiento del Palermo, tales como la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), han sido cuidadosamente diseñadas para incorporar una capacidad especial de disipación de energía (DES). Esto se debe a que el centro poblado de Palermo está ubicado en una zona sísmica de alta incidencia, lo que implica la imperativa necesidad de asegurar la integridad y prolongar la vida útil de cada una de estas estructuras.

4.3.5 Recursos Hídricos

Con respecto a los recursos hídricos disponibles en el centro poblado del corregimiento de Palermo, es relevante señalar que la información proporcionada es generalizada y se basa en los recursos hídricos del municipio de Paipa. Este municipio se sitúa estratégicamente entre dos cuencas hidrográficas. Al norte, se encuentra el río Lenguaruco, integrante de la cuenca del medio y bajo Suárez, abarcando una extensión de 42,000.38 hectáreas en el área de Paipa. En la zona centro-sur, se encuentran el río Chicamocha, el río Surba y la quebrada Toibita, todos pertenecientes a la cuenca alta del río Chicamocha, con una extensión total de 51,726.50 hectáreas.

Las cuencas hidrográficas representan un conjunto interrelacionado de elementos, recursos y desarrollos que operan de manera sincronizada. Estas cuencas fusionan dos componentes fundamentales: el aspecto físico-biótico y el socioeconómico. Su interacción, en ocasiones, puede perturbar numerosos equilibrios establecidos por la naturaleza a lo largo de siglos; sin embargo, mediante la implementación de planes de ordenamiento y manejo apropiados, la cuenca puede alcanzar una nueva estabilidad, ya sea de manera transitoria o permanente.

La tarea esencial para la gestión efectiva de una cuenca hidrográfica implica la distinción de sus características físicas y bióticas, la comprensión de los grupos humanos que utilizan los recursos del área, la identificación de la infraestructura establecida por el Estado y la consulta de los planes que rigen la región donde se localiza la cuenca (Araque, 1999).

En el caso específico del municipio, las cuencas hidrográficas que lo conforman son la del río Chicamocha, la del río Palermo y la del río Talota. La extensión de cada uno de estos sistemas es la siguiente:

Tabla 2 Cuencas del municipio de Paipa

CUENCA	AREA
Río Chicamocha	17.825 has
Río Palermo	9.560 has
Río Talota	4.445 has
Total, área	**31.830 has**

Fuente:POT Paipa 2000

Todas las cuencas del municipio forman parte integral de la cuenca del río Sogamoso y, por ende, del río Magdalena, originándose y desarrollándose en el flanco occidental de la cordillera oriental.

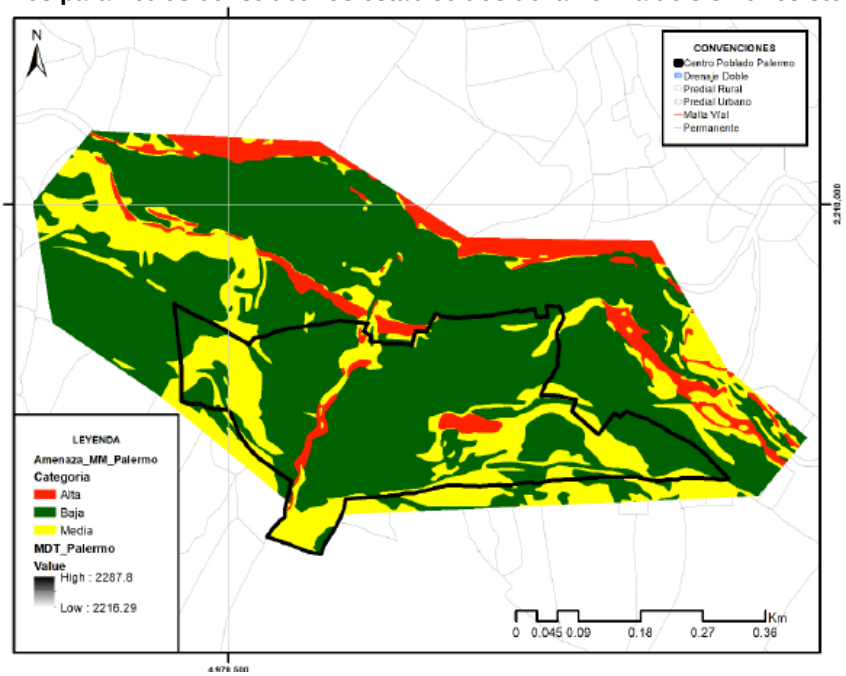
En la zona sur del municipio, las subcuencas, al encontrarse en un área de baja precipitación, carecen de un caudal significativo y de pendientes pronunciadas. La quebrada Honda o río Salitre transporta una notable concentración de sales, provenientes de las fuentes termales presentes en el área media y baja de la subcuenca. Los patrones de drenaje predominantes en esta región son dendríticos, subdendríticos (de baja densidad) y en cierta medida, meándricos en el Valle del Chicamocha (consultar mapa de hidrología).

En contraste, las subcuencas de la zona norte, al hallarse en un área caracterizada por su humedad y topografía accidentada, exhiben pendientes mucho más pronunciadas, manteniendo un caudal permanente y sustancial. Pueden experimentar fenómenos torrenciales y arrastrar considerables cantidades de sedimentos durante las estaciones lluviosas. La red de drenaje en esta área es densa y muestra patrones subdendríticos y paralelos.

4.3.6 Clasificación e Identificación de Amenazas

A través de la revisión cartográfica realizada al centro poblado del corregimiento de Palermo se identificó el respectivo mapa de niveles de amenaza por movimientos en masa y se ha llevado a cabo la determinación del producto final: el mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa el cual se muestra en la siguiente figura. Este proceso implica la integración del inventario de eventos activos identificados y cartografiados durante las fases exploratorias de campo. Esta inclusión asegura que las zonas de amenaza abarquen de manera integral las áreas donde se han identificado dichos eventos, consolidando así la fiabilidad y representatividad del mapa resultante.

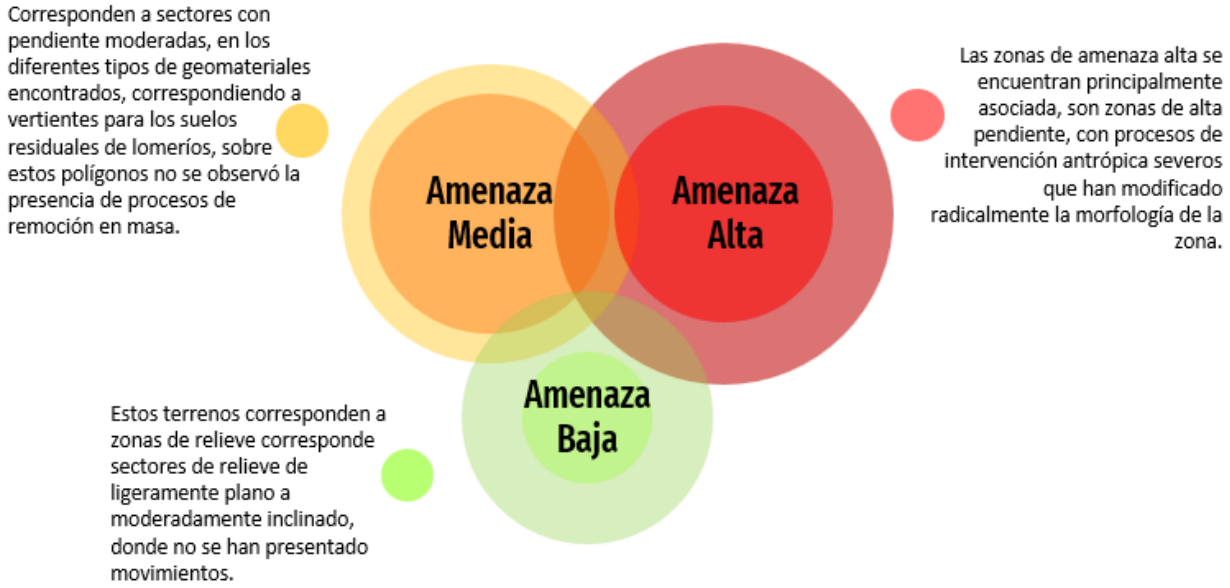
Figura 13 La región del Municipio de Paipa se estima con Amenaza sísmica Alta, por lo cual se exige se cumpla con los parámetros constructivos establecidos de la norma de sismo resistencia NSR-10.



Fuente: Imagen tomada del texto Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

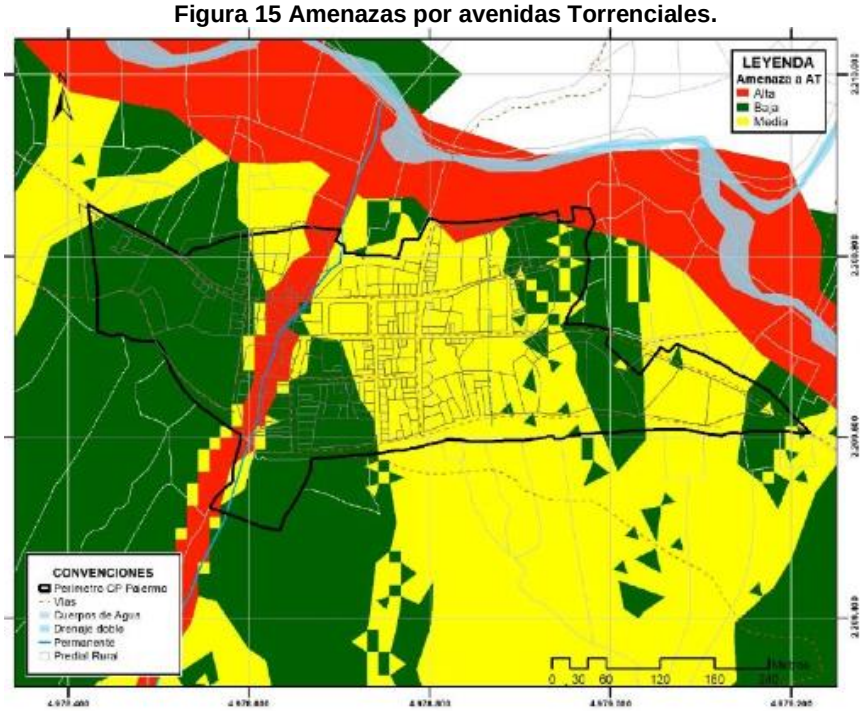
En base a lo mencionado, se procedió a la zonificación de las áreas de amenaza, dividiéndolas en tres categorías distintas:

Figura 14 Categorización de la Amenaza.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información registrada en el Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

Figura 15 Amenazas por avenidas Torrenciales.



Fuente: Imagen tomada del texto Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

4.3.6.1 Amenaza por inundación

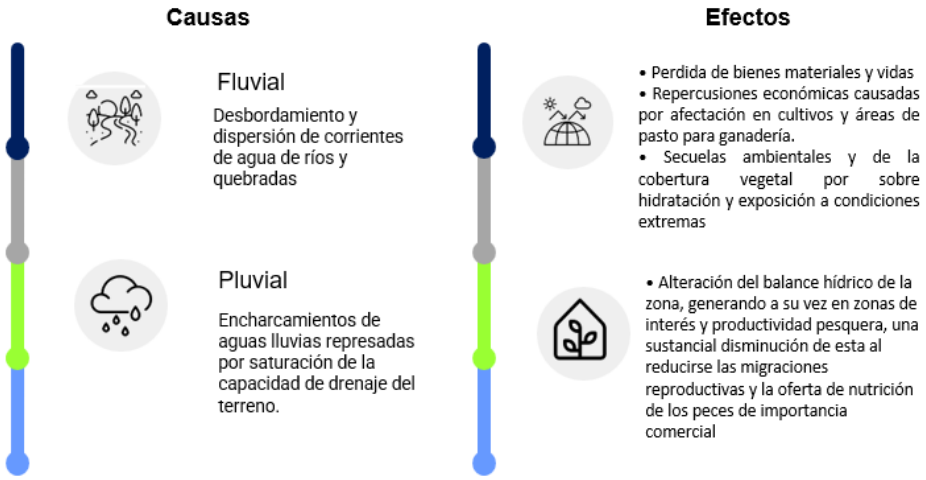
El área comprendida por el municipio de Paipa se enmarca entre dos cuencas hidrográficas. Al norte se encuentra el rio Lenguaruco perteneciente a la cuenca del medio y bajo Suarez que abarca un 42000,38 ha del área del municipio de Paipa. En la zona centro sur se ubica el río Chicamocha, río Surba y quebrada Toibita perteneciente a la cuenca alta del río Chicamocha, con una extensión de 51726,50 ha.

Las lluvias presentan un régimen bimodal, con picos marcados en los meses de abril y octubre, siendo abril el mes de mayor precipitación, periodos en los cuales en algunos sectores asociados a los principales ríos del municipio reportan eventos por inundaciones. Las inundaciones son fenómenos hidrológicos que generalmente son el resultado de fuertes precipitaciones y de la labor de la dinámica de una corriente, expresada a través de los desbordamientos y migraciones de cantidades de agua considerables. Las secuelas de estos procesos pueden llegar a ser muy nocivas si se subestima su energía y magnitud de impacto, ya que generan una gran inseguridad y riesgo para las poblaciones e infraestructura (especialmente agrícola) que puedan estar localizadas en zonas susceptibles y con alta predisposición a este tipo de eventos.

Estos fenómenos suelen generarse durante las temporadas climáticas de mayor pluviosidad, ya que usualmente se originan por lluvias persistentes y generalizadas ocasionando un aumento progresivo del nivel de las masas de agua, lo cual ocasiona que

se sobrepase la capacidad de retención del suelo y se supere la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando desbordamientos y dispersión de las aguas con cierta periodicidad sobre gran parte de las zonas aledañas a los cursos de agua que normalmente no se encuentran sumergidas, como lo son las llanuras de inundación y los sistemas de terrazas bajas de las planicies aluviales, lo cual hace que el centro poblado del corregimiento de Palermo se clasifique con un riesgo por amenaza de inundación Alto.

Figura 16 Tipo de Inundaciones Causas y Efectos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información encontrada en el Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá.

A continuación, se presentan algunas imágenes relacionadas a las amenazas por inundación en el centro poblado del corregimiento de Palermo.

Figura 17 Zona de inundación del centro poblado del corregimiento de Palermo.



Fuente: Imagen tomada por el equipo Consultor.

Figura 18 Desbordamiento del Rio Palermo.



Fuente: Imagen tomada por la comunidad del centro poblado de Palermo.

Figura 19 Desbordamiento en el sector del Puente de los Medios.



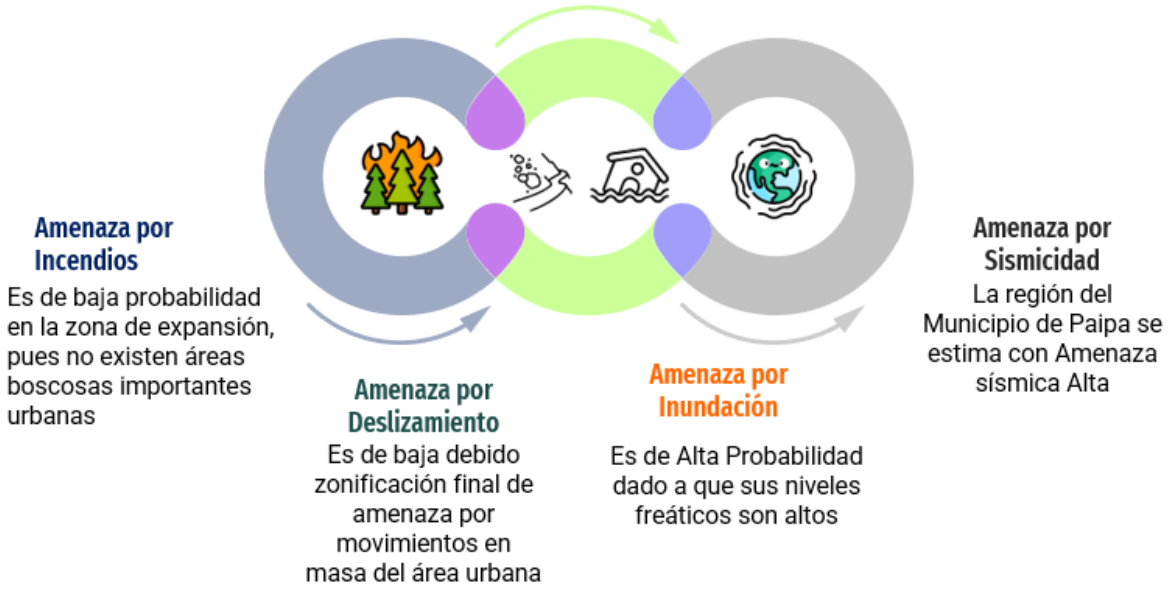
Fuente: Imagen tomada por la comunidad del centro poblado de Palermo.

4.3.6.2 Amenazas e impactos Naturales

Se define como amenaza la contingencia de que se produzca un evento capaz de perturbar la cotidianidad de la ciudad o de alguna de sus áreas. En este contexto, la planificación debe adoptar un enfoque proactivo, anticipándose a la posibilidad de que dicho fenómeno se materialice. En situaciones donde no sea posible evitar la ocurrencia, especialmente cuando se origina de manera natural, se hace imperativo prever medidas que mitiguen sus efectos adversos. En el caso de eventos de origen antropogénico, la estrategia planificadora deberá estar orientada a evitarlos en la medida de lo posible.

Dentro del área urbana del centro poblado del corregimiento de Palermo y en el área perimetral del mismo, se encuentran los siguientes fenómenos de inestabilidad de origen natural.

Figura 20 Amenazas naturales.



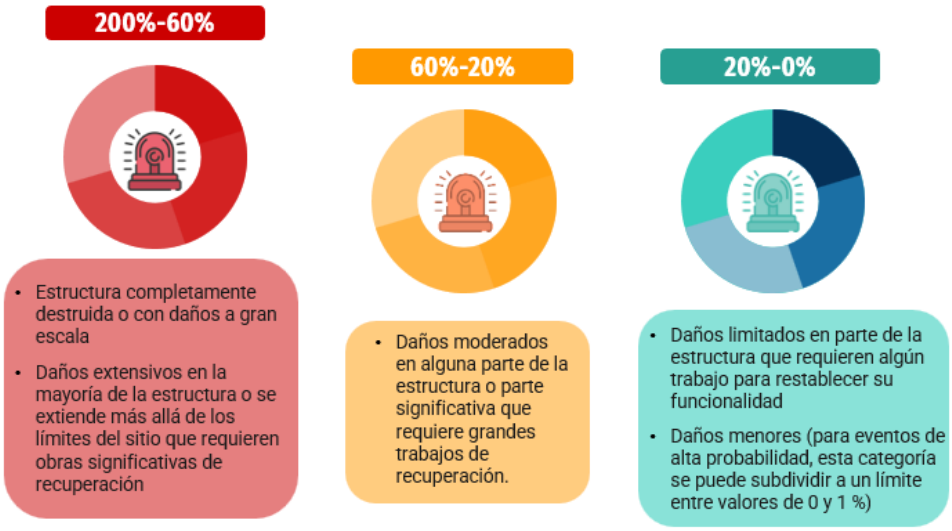
Fuente: Elaboración propia a partir de la información contenida en el texto Diagnostico Plan Parcial del Municipio de Paipa.

5. EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Después de llevar a cabo la identificación de los escenarios de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en el centro poblado del corregimiento de Palermo, se procede a realizar una evaluación detallada de estas amenazas, así como a planificar las intervenciones correspondientes para mitigar sus impactos.

Los costos aproximados por daño se determinan según las afectaciones ocasionadas por amenazas o riesgos, tal como se ilustra a continuación:

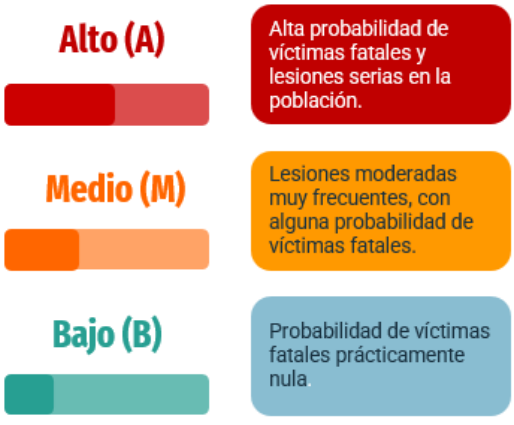
Figura 21 Estimación de Costo aproximado de Daño



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano.

Una vez determinados los costos aproximados de daño se realiza la categorización de los riegos como se presenta en la siguiente imagen.

Figura 22 Clasificación del Riesgo



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano.

A continuación, se detallan las medidas de intervención que pueden llevarse a cabo, según la clasificación anterior.

Figura 23 Medidas de Intervención según la clasificación del riesgo

Alto	Medio	Bajo
La implementación de medidas de intervención es prácticamente inviable desde el punto de vista técnico. Se debe hacer una evaluación económica detalla-da para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo. Las pérdidas por materialización de la amenaza superan en todos los casos los valores económicos de los bienes.	Se requiere evitar que el nivel de riesgo aumente, pero las medidas de intervención son en todo caso viables técnica y económicamente	Es un riesgo aceptable y requiere tan solo medidas de prevención

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano.

Así mismo se pueden plantear medidas de intervención según los diferentes tipos de intervención como lo son

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

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

- **intervención prescriptiva:** Proceso dirigid a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

Figura 24 Medidas de Intervención según el tipo

	Intervención Prospectiva	Intervención Correctiva	Intervención Prescriptiva
ALTO	Prohibición de asentamientos e infraestructura	Reubicación de asentamientos e infraestructura, evaluación económica de la reducción del riesgo + sistemas de alerta	Reducir la amenaza y evaluar económicamente las intervenciones
MEDIO	Controlar el aumento del riesgo + sistemas de alerta	Protección del área + sistemas de alerta	Controlar el aumento de la amenaza (A) y proteger el área (B)
BAJO	Controlar el aumento de la amenaza y prevenir el aumento del riesgo	Sin condicionantes	Controlar el aumento de la amenaza (A)

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano.

De acuerdo con las directrices establecidas en la normativa vigente, específicamente el Decreto 1807 de 2014, se plantea, desde una perspectiva metodológica, la presentación de al menos tres alternativas de intervención, tanto de índole estructural como no estructural, con el objetivo de mitigar y prevenir el incremento del riesgo. Estas opciones deberán someterse a una evaluación detallada, considerando criterios de factibilidad técnica, viabilidad financiera y conformidad con aspectos urbanísticos. En todos los casos, el enfoque de estas intervenciones se orienta hacia la reducción de la categoría de riesgo, buscando pasar de alto riesgo a riesgo medio. A continuación, se describen las evaluaciones propuestas:

• Calcular los costos de reubicación de asentamientos e infraestructura, aparte de los costos o pérdidas por prohibición de asentamientos y costos de obras para controlar la influencia de los eventos en áreas ocupadas.
• Hacer una evaluación económica detallada de la reducción del riesgo en áreas ocupadas, por medio del planteamiento de dos medidas de intervención distintas de la anterior.
• Transferir el costo de reducción del riesgo para el desarrollo de infraestructura en áreas no ocupadas.

6. INSTRUMENTOS NORMATIVOS

A continuación, se detallan los instrumentos normativos empleados en la metodología para la identificación de escenarios que involucran amenazas, vulnerabilidades y riesgos.

- Ley No. 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
- Decreto No. 1807 de 2014, por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.
- Decreto No. 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Decreto No. 2157 de 2017, Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley1523.
- Instrumentos metodológicos elaborados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres para la formulación de plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas establecido en el artículo 42 de la Ley 1523.
- Resoluciones 154 de 2014 y 527 de 2018 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Los lineamientos de política de gestión del riesgo para los sectores de Alcantarillado, alcantarillado y aseo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de Alcantarillado, alcantarillado y aseo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La identificación de escenarios de amenaza y vulnerabilidad no solo es esencial para proteger los activos y la integridad del proyecto, sino que también contribuye a la eficiencia operativa y al logro de los objetivos a largo plazo. La gestión proactiva de riesgos es una práctica fundamental en la planificación y ejecución exitosa de proyectos.

- La funcionalidad de los predios se ve directamente afectada por la amenaza constante de inundaciones. Sin embargo, al implementar medidas adecuadas de protección a las estructuras, se puede garantizar su resiliencia y capacidad para resistir los impactos adversos de este riesgo natural. Es imperativo reconocer la importancia de adoptar estrategias preventivas y correctivas para salvaguardar los predios, asegurando así su uso eficiente y sostenible a lo largo del tiempo. La implementación de estas medidas no solo protege las inversiones en infraestructura, sino que también contribuye a la seguridad y bienestar de quienes habitan o trabajan en dichos espacios, fortaleciendo la resiliencia de las comunidades frente a las amenazas naturales.

- La decisión de ubicar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en una zona de riesgo intermedio subraya la importancia de implementar rigurosas medidas de protección. Garantizar la seguridad y resiliencia de la PTAR en este entorno es crucial para asegurar su funcionamiento efectivo y sostenible a largo plazo. Este enfoque estratégico no solo salvaguardará la infraestructura crítica, sino también contribuirá a mitigar posibles impactos negativos en el medio ambiente y proteger la salud pública. La atención meticulosa a las medidas de seguridad se erige como un pilar fundamental para el éxito y la sostenibilidad de la PTAR en este contexto específico.

- Después de finalizar el análisis de riesgos, se recomienda incorporar estas evaluaciones en la planificación de las estructuras de contención. Dado que estas obras deben ser eficaces y eficientes, y por ello es esencial considerar la variabilidad del riesgo de inundación de la zona del proyecto. Este enfoque resulta fundamental para mitigar de manera efectiva los impactos adversos tanto en el desarrollo del proyecto como en la comunidad.

- Para optimizar la gestión de riesgos y garantizar una asignación eficiente de recursos, se recomienda llevar a cabo un análisis económico detallado después de haber determinado y clasificado los tipos de riesgos identificados. Este enfoque permitirá evaluar y priorizar las intervenciones necesarias, teniendo en cuenta tanto los costos asociados como los beneficios esperados.

8. BIBLIOGRAFÍA

[Consorcio PBOT Paipa 21], Estudio Básico de Gestión del Riesgo – Versión Final Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Paipa, Boyacá. [Municipio de Paipa] [Documento de diagnóstico – 2022]

[Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Ministerio Ambiente, el Departamento Nacional de Planeación – DNP, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público- Ministerio Hacienda y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -UNGRD], Guía de gestión de riesgos

[Servicio Geológico Colombiano][Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa]

[Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio] [Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de Alcantarillado, alcantarillado y aseo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]