



## **MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES**

**PROPUESTA DE INCORPORACION DE LA VARIABILIDAD Y LA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO, PARA EVENTOS RELACIONADOS CON INUNDACION, DENTRO DE LA FORMULACION DE PLANES CONTINGENCIA, EN EL MARCO DEL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL ESTUDIO DE CASO PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MAGANGUÉ (BOLÍVAR), TRAMO CAMILO TORRES - PUENTE SANTA LUCIA.**

Autor: Jorge Eliécer García Vásquez



**Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales**

VIGILADA Mineducación

*Obra de Iglesia  
de la Congregación*



*Hermanas de la Caridad  
Dominicanas de La Presentación  
de la Santísima Virgen*

**PROPUESTA DE INCORPORACION DE LA VARIABILIDAD Y LA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO, PARA EVENTOS RELACIONADOS CON INUNDACION, DENTRO DE LA FORMULACION DE PLANES CONTINGENCIA, EN EL MARCO DEL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL ESTUDIO DE CASO PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MAGANGUÉ (BOLÍVAR), TRAMO CAMILO TORRES - PUENTE SANTA LUCIA.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de *Magister en Cambios Globales y Riesgo de Desastres*.

Modalidad de grado: Estudio de Caso

Asesor

Vladimir Henao Céspedes<sup>1</sup>

Autor

Jorge Eliécer García Vásquez<sup>2</sup>

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
MAESTRIA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES  
MANIZALES, CALDAS  
2024

<https://orcid.org/0009-0004-7391-3449>  
<http://orcid.org/0000-0002-1938-3203>

Nota de aceptación:

## Tabla de contenido

	Pág.
1. Introducción.....	11
2. Localización .....	13
3. Objetivos.....	15
4. Antecedentes.....	16
5. Marco teórico .....	18
6. Marco normativo y contexto territorial.....	21
.....	26
7. Aspectos técnicos generales del estudio de caso .....	29
8. Metodología.....	36
9. Resultados y discusión.....	44
9.1 Resultados Objetivo 1. ....	44
9.2 Resultados Objetivo 2. ....	70
9.3 Resultados Objetivo 3. ....	74
9.4 Resultados Objetivo 4. ....	78
10. Conclusiones .....	81
1.1 Conclusiones objetivo 1. ....	81
1.2 Conclusiones objetivo 2. ....	81
1.3 Conclusiones objetivo 3. ....	82
1.4 Conclusiones objetivo 4. ....	82
11. Recomendaciones .....	83

## Listado de figuras

Figura 1. Localización general del proyecto.....	13
Figura 2. Ubicación del proyecto con respecto al río Magdalena y otros sistemas lóticos.....	14
Figura 3. Clasificación de deslizamientos.....	19
Figura 4. Modelo de susceptibilidad de amenaza por inundación.....	20
Figura 5. Línea de tiempo normatividad de Cambio Climático licenciamiento ambiental. ....	24
Figura 6. Indicadores de riesgo climático por temáticas para el municipio de Magangué.....	26
Figura 7. Frecuencia histórica de eventos en Magdalena.....	27
Figura 8. Frecuencia histórica de eventos en Bolívar.....	27
Figura 9. Distribución de eventos Magangué (Bolívar).....	28
Figura 10. Obras relevantes de la Variante Magangué.....	29
Figura 11. Localización de ocupaciones de cauce. ....	35
Figura 12. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas.....	37
Figura 13. Cuerpos hídricos. Fuente: Autor.....	44
Figura 14. Estado ciénaga el Pelú y Candelaria.....	50
Figura 15. Ciénaga Candelaria.....	50
Figura 16. Drenajes menores típicos dentro del área de influencia al punto de cruce con el proyecto vial. ....	51
Figura 17. Secuencia sedimentaria perteneciente al miembro inferior de la Formación Betulia (TQ1b) (X: 927364; Y: 1518270).....	53
Figura 18. Contacto neto entre capas de arenisca media a gruesa con conglomerado oligomórfico. (X: 927364; Y: 1518270).....	53
Figura 19. Aparente concentración de hidrocarburo pesado en nivel de arena conglomerática (X: 927364; Y: 1518270).....	54
Figura 20. Depósitos de planicie aluvial del río Magdalena. (X: 930313; Y: 1519347).....	54
Figura 21. Sedimentos finos asociados a zonas fluvio-lacustres (X: 930061; Y: 1519065). ....	55
Figura 22. Mapa de unidades geológicas. ....	56
Figura 23. Mapa de unidades de suelo. ....	57
Figura 24. Unidades geomorfológicas de la plancha 53 hacia el sector del proyecto. ....	58
Figura 25. Mapa de rangos de pendiente para el área de influencia.....	59
Figura 26. Jerarquización Geomorfológica.....	60
Figura 27. Geoforma redondeada y suave de Montículos (X: 923512; Y: 1519290)-.....	61

Figura 28. Vista parcial del plano de inundación del Río Magdalena (X: 930313; Y: 1519347). 61	
Figura 29. Vista parcial de zonas mal drenadas. (X: 921120; Y: 1518090) .....	62
Figura 30. Ciénaga con zona pantanosa a su alrededor relacionada a la dinámica del río Magdalena. (X: 928539; Y: 1517680).....	62
Figura 31. Surcos conformados por erosión hídrica superficial en montículos labrados en roca sedimentaria blanda de la Formación Betulia (TQ1b) (X: 928502; Y: 1517630). .....	63
Figura 32. Terracetas por sobrepastoreo desarrollados en las geoformas onduladas.....	63
Figura 33. Unidad de paisaje de lomas denudacionales .....	65
Figura 34. Unidad de Paisaje de Llanuras aluviales .....	66
Figura 35. Unidad de paisaje de Ciénagas .....	66
Figura 36. Unidades geomorfológicas IGAC. ....	67
Figura 37. Coberturas obtenidas para el área de influencia.....	69
Figura 38. Mapa de susceptibilidad por inundaciones.....	70
Figura 39. Procedimiento de prevención, preparación y respuesta ante una emergencia por inundaciones en el área de proyecto. ....	80

## Listado de tablas

Tabla 1. Instrumentos de gestión del riesgo de desastres entidades públicas y privadas.....	21
Tabla 2. Infraestructura proyectada. ....	30
Tabla 3. Ocupaciones de cauce permanente. ....	34
Tabla 4. Ocupaciones de cauce temporal.....	34
Tabla 5. Factores condicionantes y criterios en la susceptibilidad por inundación. ....	38
Tabla 6. Sumatoria de máximos y rangos de susceptibilidad a la inundación. ....	39
Tabla 7. Líneas estratégicas y líneas de acción de alternativas de solución .....	40
Tabla 8. Lineamientos conocimiento, monitoreo y reducción del riesgo .....	40
Tabla 9. Lineamientos t proceso de manejo de la contingencia o el desastre.....	43
Tabla 10. Clasificación de las cuencas y patrón de drenaje.....	45
Tabla 11. Ambientes morfogénicos presentes.....	60
Tabla 12. Unidades de paisaje en el área de influencia.....	64
Tabla 13. Unidades de Paisaje .....	64
Tabla 14. Valoración de cobertura en función de su capacidad de absorción.....	68
Tabla 15. Resultado de la zonificación por susceptibilidad a inundación.....	70
Tabla 16. Resultados relevantes de caudales para periodos de retorno de 20 años. ....	72
Tabla 17. Aspectos que se tienen en cuenta para las actividades de monitoreo .....	76
Tabla 18. Relación de medidas de reducción el riesgo .....	78





## Resumen

En el marco del licenciamiento ambiental derivado del Decreto 1076 de 2015, es menester incorporar instrumentos que contemplen la exacerbación de las condiciones de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo derivadas de las consecuencias de fenómenos como la variabilidad y el cambio climático; este requerimiento se aborda a partir de la implementación de los procesos de la gestión del riesgo de desastres los cuales se consideran los diferentes insumos que se deben tener en cuenta para el análisis de las amenazas, que se puedan materializar a partir de la ocurrencia de eventos hidroclimatológicos, el planteamiento de medidas de monitoreo y reducción del riesgo, así como el establecimiento de los lineamientos que se deben considerar para el manejo de contingencias y desastres que se puedan presentar, ante la ocurrencia de eventos de inundación relacionados con la exacerbación de fenómenos climáticos. En función de estos objetivos y aspectos metodológicos previamente abordados, se presenta una propuesta en la que se incorporan los aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta para el análisis de la inundación que se debe presentar en los Planes de Contingencia, contemplando su armonización con los demás componentes del EIA fundamentados a partir de la \*MGEPEA (2018) y los Términos de Referencia Proyectos construcción de vías y túneles (2015) formulados por el MMADS.

Para el desarrollo de lo anterior, se realizó un estudio de caso en el marco del proyecto de la construcción de la Variante Magangué (Bolívar) - Contrato Invias 1615-2020, en el cual se implementan diferentes metodologías tanto como para la caracterización de las variables que se utilizan dentro del análisis, como también para la zonificación de la susceptibilidad a la inundación

En cuanto a los resultados obtenidos, se relacionan el análisis de los factores utilizados para el cálculo de la susceptibilidad a la inundación, que corresponden a cuerpos de agua, geomorfología, pendientes, coberturas, geología y suelos, así como también se determina un predominio de áreas con susceptibilidad media a la inundación, seguida de susceptibilidad alta para el área de influencia del proyecto.

Con lo anterior se proyecta un componente programático en el cual se establecen lineamientos y recomendaciones para la implementación del subproceso de monitoreo del riesgo, así como para los procesos de reducción del riesgo y manejo de la contingencia.

## Abstract

Within the framework of environmental licensing derived from Decree 1076 of 2015, it is necessary to incorporate instruments that contemplate the exacerbation of the conditions of threats, vulnerability and risk derived from the consequences of phenomena such as variability and climate change; This requirement is addressed from the implementation of disaster risk management processes in which the different inputs that must be taken into account for the analysis of threats, which can materialize from the occurrence of disasters, are considered. hydro-climatological events, the approach to monitoring and risk reduction measures, as well as the establishment of the guidelines that must be considered for the management of contingencies and disasters that may arise, given the materialization of flood events related to the exacerbation of climatic phenomena. Based on these objectives and methodological aspects previously addressed, a proposal is presented that incorporates the most relevant aspects that must be taken into account for the analysis of the flood that must be presented in the Contingency Plans, contemplating its harmonization with the other components of the EIA based on the \*MGEPEA (2018) and the Terms of Reference for Road and Tunnel Construction Projects (2015) formulated by the MMADS.

For the development of the above, a case study was carried out within the framework of the construction project of the Magangué Bypass (Bolívar) - Invias Contract 1615-2020, in which different methodologies are implemented both for the characterization of the variables that are used within the analysis, as well as for flood susceptibility zoning

Regarding the results obtained, the analysis of the factors used to calculate the susceptibility to flooding is related, which correspond to bodies of water, geomorphology, slopes, coverage, geology and soils, as well as a predominance of areas with medium susceptibility to flooding, followed by high susceptibility for the area of influence of the project.

With the above, a programmatic component is projected in which guidelines and recommendations are established for the implementation of the risk monitoring subprocess, as well as for the risk reduction and contingency management processes.

# 1. Introducción

## 1.1. Planteamiento del problema

El presente trabajo parte de la necesidad de incorporar los aspectos técnicos más relevantes, que se deben considerar analizar y evaluar los escenarios de riesgo asociados a la variabilidad climática y adaptación al cambio climático, relacionados con inundaciones, a partir de un estudio de caso.

Es por lo anterior, que en el marco de la implementación de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) a nivel de las empresas, así como de entidades públicas y privadas, del gremio de la infraestructura vial, las cuales son responsables de gestionar el desarrollo social, ambiental, sostenible y económico desde lo sectorial, territorial, institucional de los proyectos de inversión, necesario definir los componentes técnicos involucrados, en la formulación de los instrumentos de gestión del riesgo en lo relacionado con eventos de inundación .

Esta claridad en el abordaje de los aspectos técnicos asociados a los eventos de inundación, parte también del aspecto normativo referente a la GRD, por lo cual, esta necesidad de conocer el comportamiento de este tipo de amenazas en el marco de los eventos climáticos de escala regional y global, se plantea de manera integral dentro del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 y posteriormente se implementa por medio del Decreto 2157 de 2017, como también dentro del proceso de licenciamiento ambiental, establecido por el Decreto 1076 de 2015, en la Metodología General de Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA 2018) y ya para el gremio de la infraestructura, se incorpora dentro en los Términos de Referencia Proyectos construcción de vías y túneles (2015).

Considerando lo antepuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuáles son los aspectos técnicos, teóricos, medidas y capacidades requeridas para incorporar los fenómenos climáticos en la gestión del riesgo, especialmente en eventos de inundaciones, en proyectos de infraestructura vial, atendiendo a la normativa vigente en gestión del riesgo de desastres y licenciamiento ambiental?*

Si bien, a pesar de que dentro de estos instrumentos previamente reseñados se incluyen las amenazas exógenas como la inundación, no son tan claro los insumos, análisis, recomendaciones y conclusiones que se deben tener en cuenta para la estructuración de proyectos viales en los que gestione el riesgo de inundación asociada a variaciones climáticas.

Lo anterior también se hace imprescindible, cuando se hace alusión a los diferentes sucesos de inundación que han ocurrido en el municipio de Magangué (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD) y en proyectos de infraestructura vial, que cuentan con licencia ambiental, como es el caso del ocurrido el 12 de junio de 2022, en el proyecto de *Construcción del Túnel del Toyo y sus vías de acceso - Tramo 2*, localizado en el municipio de Santafé de Antioquia, donde se presentó una inundación en el sector comprendido entre abscisas K2+900 al K3+300, Dicha situación fue generada por la creciente súbita del río Tonusco (Fuente: Plataforma VITAL- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - MMADS).

## 1.2. Justificación

En virtud del planteamiento del problema y en el marco de los procesos de mejoramiento continuo dentro de las organizaciones que desarrollan proyectos de infraestructura vial, y que quieren articularse con objetivos de sostenibilidad, considerando la gestión del riesgo cuyo alcance se proyecte a los fenómenos climáticos, es necesario en los procesos de licenciamiento ambiental, acotar el alcance técnico y dar claridad de los lineamientos a seguir, para la elaboración del componente del Plan de Contingencia o Plan de Gestión del Riesgo, presentado en los Estudios de Impacto Ambiental, para los eventos de inundación.

De igual manera, no se puede dejar de lado, el contexto de la exacerbación de las amenazas hidroclimatológicas, dentro de las que se incluye a las inundaciones, asociada las variaciones climáticas derivadas de fenómenos atmosféricos de escala regional y global, como la variabilidad climática y el cambio climático, para ser incorporados en los procesos de conocimiento y reducción del riesgo y manejo de la contingencia o el desastre.

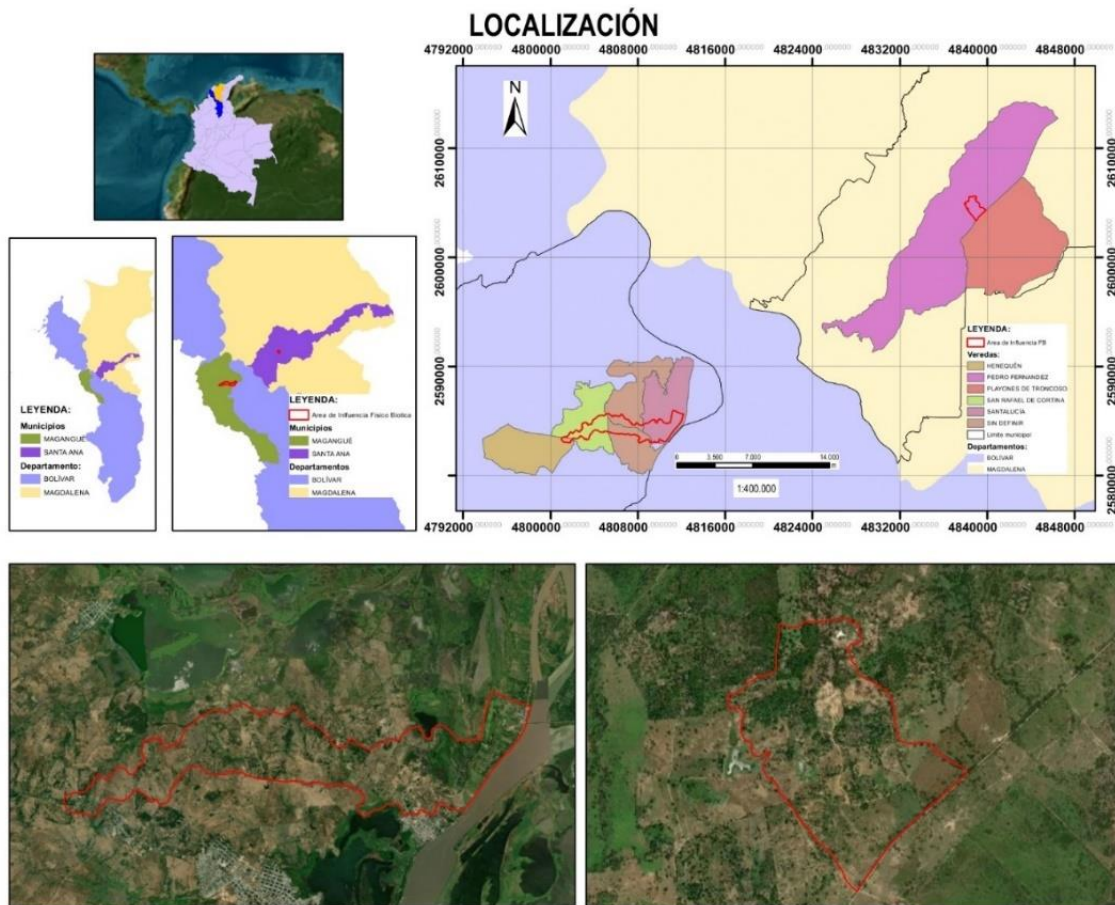
Lo anterior induce a que el propósito de este análisis, que se desarrolla a través de un estudio piloto, en el cual se utiliza la información base del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) realizado para la solicitud de licencia ambiental del proyecto: *“Mejoramiento, Gestión Predial, Social y Ambiental Sostenible, mediante la Construcción de la Variante Magangué (Camilo Torres – Puente Santa Lucia)”*, sea proveer los lineamientos, herramientas e insumos técnicos que se deben utilizar por parte de los solicitantes de licencia ambiental, para realizar la caracterización, análisis y valoración de la amenaza por inundación, considerando los escenarios climáticos extremos a partir de un estudio e caso.

De igual manera dentro del análisis se pretende formular las medidas de monitoreo, y reducción del riesgo, así como plantear lineamientos respuesta y recuperación ante contingencias, que se deben contemplar para su implementación en el proyecto, en el marco de las nuevas de condiciones de riesgo, que plantea el desafío climático.

## 2. Localización

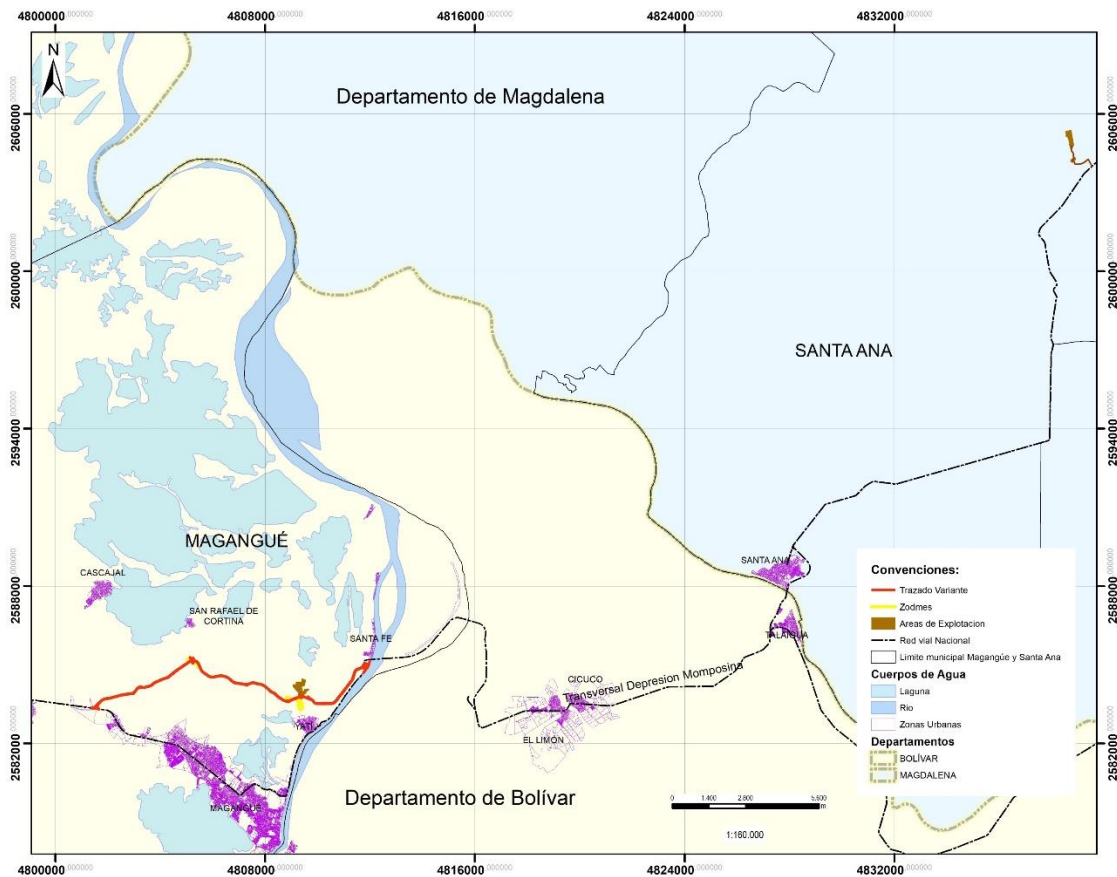
El estudio de caso que corresponde a la Variante Magangué, se localiza al costado norte del municipio de Magangué, departamento de Bolívar, y a la margen izquierda del río Magdalena. El trazado inicia en la abscisa de diseño K00+000, en el corregimiento Camilo Torres del municipio Magangué y finaliza en la abscisa de diseño K12+328 en el corregimiento Santafé de la vereda Santa Lucía, igualmente perteneciente al municipio de Magangué y cuenta con una longitud total de 12,33 km. (Ver Figuras 1 y 2).

Figura 1. Localización general del proyecto.



Fuente: El autor.

Figura 2. Ubicación del proyecto con respecto al río Magdalena y otros sistemas lóticos.



Fuente: El autor.

La Variante hace parte del tramo vial, Puerta de Hierro - Magangué - Yatí (Transversal Depresión Momposina - Ruta Nacional 78), la cual en su paso por el departamento de Bolívar (tramo 7802) conecta la troncal de Occidente con la Ruta del Sol.

## 3. Objetivos

Los objetivos que se tienen estipulados para el desarrollo de este proyecto son los siguientes.

### 3.1. Objetivo general

Establecer los aspectos técnicos, medidas y capacidades requeridas, para incorporar los fenómenos climáticos en la gestión del riesgo, especialmente en eventos de inundaciones, en proyectos de infraestructura vial, atendiendo a la normativa vigente en gestión del riesgo de desastres y licenciamiento ambiental.

#### 3.1.1. Objetivos específicos

1. Caracterizar, evaluar y zonificar la susceptibilidad a la inundación, para el área de influencia físico-biótica del proyecto.
2. Realizar el análisis de los insumos y los referentes teóricos, utilizados para determinar la susceptibilidad a la inundación en el área de influencia del proyecto: *Mejoramiento, Gestión Predial, Social y Ambiental Sostenible, mediante la Construcción de la Variante Magangué- Bolívar (Tramo de Camilo Torres a Puente Santa Lucía*, teniendo en cuenta su potencial exacerbación, relacionada con los efectos del cambio climático y la variabilidad climática.
3. Plantear medidas de monitoreo y reducción del riesgo, que se contemplen para la inundación, de cara al componente de adaptación al cambio climático, así como de la variabilidad climática.
4. Presentar lineamientos que se deben considerar para la respuesta, el manejo y la recuperación ante la ocurrencia de contingencias y desastres relacionados con inundación, que se puedan agudizar ante la materialización de los escenarios de cambio climático y la variabilidad climática.

## 4. Antecedentes

A continuación, se hace una reseña donde se relacionan los artículos, trabajos de grado monografías, que se consideraron para el desarrollo de este análisis, que en general corresponden a artículos en los que se realiza un enfoque integral de la gestión del riesgo, teniendo en cuenta los fenómenos climáticos e incluyendo al sector de la infraestructura como un actor importante en la adopción e implementación de los procesos de la gestión del riesgo de desastres.

Dentro de los antecedentes recabados se destacan publicaciones como la de (Fidler, C., & Reddy, S. R, 2016.), donde se argumenta que la falta de estándares en la legislación de gestión de emergencias, el acceso restringido a asistencia financiera y/o compensación y reducción de la exposición del gobierno a la responsabilidad civil en común exponen a los propietarios privados de tierras a una mayor vulnerabilidad a los desastres y la responsabilidad asociada. Es fundamental que los responsables de la planificación proactiva/preventiva para desastres trabajen desde un estándar normativo unificado, que establezca garantías mínimas para la población. De igual manera McShane M. K., & Kapp, G. J (2018), hacen referencia a la implementación de planes de gestión del riesgo de desastres en EEUU, incluyendo aspectos relacionados con la administración, financiación, el control del riesgo e instrumentos normativos relacionados con esta temática.

En lo relacionado con las metodologías de gestión del riesgo empresariales, (Bebeseselea, 2022), hace alusión a la relevancia de las metodologías de gestión de riesgos empresariales para las convocatorias de financiación de proyectos europeos: el caso de la subvención : Rendimiento y excelencia en el campo del medio ambiente y la energía renovable a través de entidades de clúster modernas" se enfoca en el conocimiento de las metodologías que se implementan para conocer el flujo de caja, así como los riesgos asociados a la ejecución de proyectos en los que se el conocimiento del riesgo como una herramienta científica en la toma de decisiones.

En el contexto colombiano (Calderón, 2019), aborda la gestión del riesgo de desastres desde el ámbito de la seguridad y la salud ocupacional, identificando los responsables de la formulación de los PGRDEPP, para lo cual se realiza un análisis de los perfiles y competencias de los profesionales de seguridad y salud en el trabajo que realizarán esta actividad, identificando puntos críticos que permitirán procesos de mejora continua. (Botello F, 2022), establece una metodología a partir del sondeo estadístico relacionado con la percepción del proceso de implementación del decreto 2157 de 2017, dentro de las recomendaciones, se hace alusión a la creación de salas de crisis que facilite y promueva el proceso de integración y armonización de la GRD tanto dentro del interior de las organizaciones como en las organizaciones del entorno. Asimismo, (Franco R. et al. 2023), desarrollan una metodología en la que a partir de variables multiescala categorizan indicadores para valorar la amenaza por inundación y movimientos en masa.

Por otro lado en el caso de estudio para el corredor Uramita-Dabeiba de la Troncal de Urabá realizado por (Díaz & Vásquez, 2022), proponen lineamientos para incorporar el Cambio Climático en los Planes de Gestión del Riesgo de los EIA de infraestructura vial primaria en



Colombia, las cuales, permitieron identificar que la presión climática con mayor incidencia de afectación en el sector transporte es el incremento de la precipitación, y que la generación de desastres durante 1991-2021 impactó en mayor magnitud la red vial primaria (RVP perteneciente a la región Andina. Otra de las entidades que ha aportado en lo relacionado a los riesgos derivados de los megaproyectos, se encuentra el Departamento Nacional de Planeación, mediante la publicación de guías como la Metodología de Análisis de Riesgos 2 (DNP, 2020), en la cual establece criterios técnicos para la obtención de la amenaza, vulnerabilidad, así como para valorar, analizar el riesgo y cuantificar el costo beneficio-beneficio en proyectos de infraestructura, considerando los efectos climáticos. Otro referente académico al que se puede hacer alusión es al estudio presentado por (Vidal, 2022), autora que utiliza modelos heurísticos cartográficos para determinar la susceptibilidad a la inundación, para para el ordenamiento territorial del municipio de Valencia, departamento de Córdoba.

En conclusión, se puede determinar que dentro de los artículos analizados se puede inferir que es importante que el sector privado participe en la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres en el contexto de los escenarios climáticos y que, para Colombia, específicamente para el gremio de la infraestructura es importante especificar su alcance de los Planes de gestión del riesgo o Planes de Contingencia, asociados al licenciamiento ambiental.

## 5. Marco teórico

Una vez determinados los objetivos, es necesario considerar referentes teóricos, que, aunados a el marco normativo y territorial, configuran el alcance técnico que se debe abordar, para llegar a unos resultados que se adecuen a las características fisiográficas en del área de estudio.

Es por lo anterior, que se tuvieron en cuenta para el cumplimiento de los objetivos 1 y 2, aspectos teóricos que se utilizaron tanto para la caracterización de cada una de las variables, como para la metodología del análisis de susceptibilidad a la inundación.

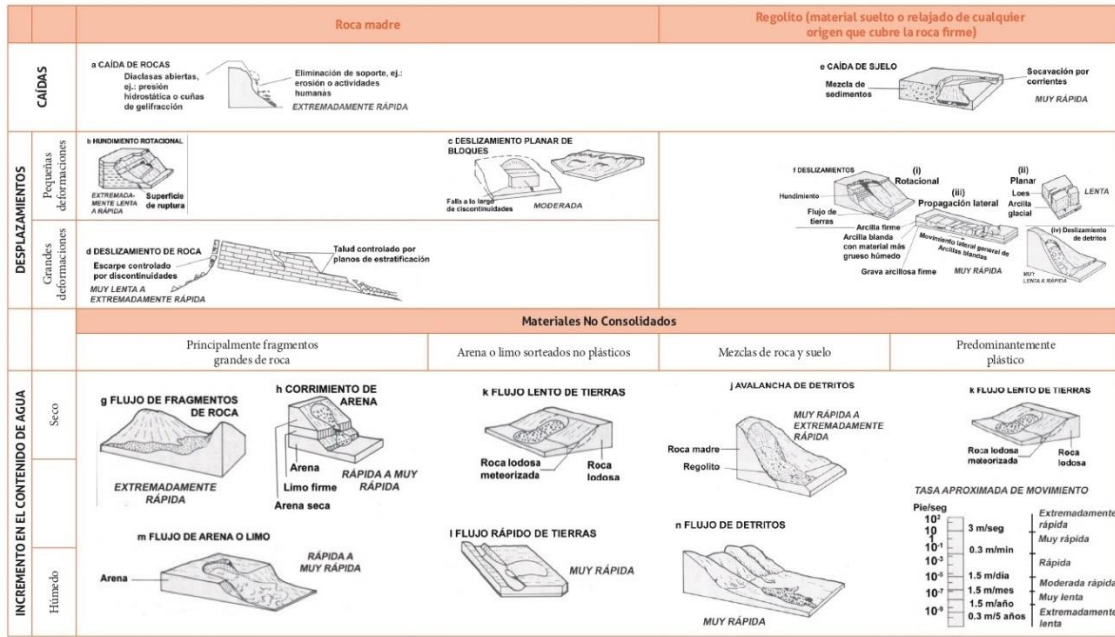
En este mismo sentido, es también preciso indicar que para el abordaje de los objetivos 3 y 4, relacionados con el componente programático monitoreo, reducción del riesgo y manejo de la contingencia por inundación (para el estudio de caso), estos en primera instancia se estructuraron acorde al conocimiento de estas variables de análisis (objetivo 1) y posteriormente con el alcance normativo establecido en el capítulo 6 y finalmente. con el alcance técnico del proyecto especificado en el capítulo 7.

En función de las salvedades previas, a continuación, se reseñan algunos de los aspectos teóricos que se tuvieron en cuenta dentro del estudio de caso.

- **Clasificación de movimientos en masa**

En cuanto a la clasificación de movimientos en masa relacionada con el componente geomorfológico, se utilizó como referente teórico La clasificación de Varnes de 1958 (figura 3), la cual incorpora *“cinco tipos de movimientos: caída, deslizamiento, propagación lateral, flujo y avalancha, que se presentan en rocas, regolitos o suelos; también resalta los rasgos de estos tipos de movimientos (Varnes, 1958)”*.

Figura 3. Clasificación de deslizamientos



Fuente: Varnes, 1958.

- **Análisis de frecuencias para la estimación de caudales (Consortio BMC, 2023).**

Como soporte conceptual para el dimensionamiento de las estructuras tipo alcantarilla, el análisis de frecuencias obedece a la estimación de los caudales máximos con diferentes intervalos de recurrencia. Por ende, para la obtención de caudales máximos se empleó el método racional, que se aplica a cuencas menores de 2,5 km<sup>2</sup> de área tal y como acontece para el caso de estudio. Esta metodología se basa en la intensidad de una precipitación (i), que se presenta de manera espontánea y se prolonga indefinidamente, el factor de escorrentía seguirá hasta un periodo de concentración T<sub>c</sub>, en el entendido de que toda la cuenca es la que aporta al caudal de salida.

La ecuación utilizada acorde al método racional propuesto por (Mulvaney (1850) corresponde a:

$$Q = C * i * Area$$

donde:

- Q: caudal punta para un determinado período de retorno (m<sup>3</sup>/s)
- C: coeficiente de escorrentía
- Área: superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- i: máxima intensidad media en el intervalo de duración T<sub>c</sub> (mm/h), calculada con la ecuación anterior para el valor de M de cada cuenca, se calcula acorde a la siguiente expresión:

$$i = L/T$$

donde:

L: longitud del segmento de estructura diseñado.

T: Tiempo de concentración del periodo de lluvia.

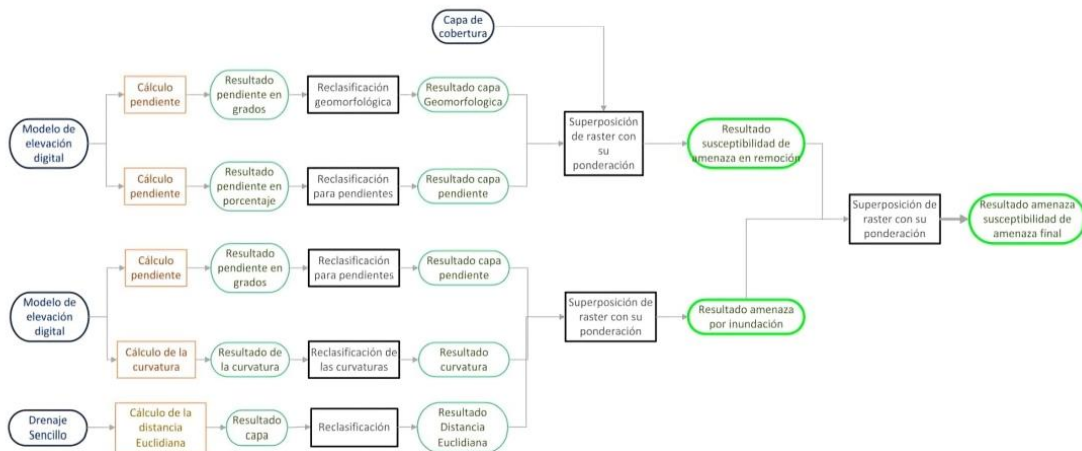
- **Metodología Corine Land Cover (CLC) para la obtención de mapa de coberturas**

La estructura de datos Corine Land Cover Colombia (CLC, IDEAM, 2007), establece un modelo de descripción, caracterización, clasificación y comparación de las coberturas, utilizando imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para elaborar mapas de coberturas a escalas diferentes.

- **Modelo para determinar la susceptibilidad de amenaza por inundación**

Tanto (Arevalo, et al, 2021) como (Vidal, 2022), plantean realizar ponderaciones de variables y categorías que se utilizarán como insumos para la superposición y álgebra de mapas de temáticas como pendientes, coberturas, precipitación, geomorfología y geología, como se muestra en la figura 4.

**Figura 4. Modelo de susceptibilidad de amenaza por inundación.**



Fuente: Arévalo, et al, 2021

## 6. Marco normativo y contexto territorial

En cuanto a este aspecto, se plantea seguidamente una reseña de los principales instrumentos de gestión del del riesgo de desastres (GRD) para obras proyectos y actividades de infraestructura vial, así como de los instrumentos de gestión del cambio climático que aplican para el territorio donde se aborda el estudio de caso, haciendo énfasis en los escenarios de riesgo asociados a la adaptación.

### 6.1. Referentes normativos e instrumentos que contemplan la GRD para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial.

De acuerdo con lo consultado, a la fecha, la UNGRD es la entidad que ha liderado los ejercicios de armonización transversal de instrumentos de gestión del riesgo que aplican para proyectos obras o actividades y todos han quedado establecidos dentro del Plan Nacional de Gestión del riesgo vigente 2015-2010 (Decreto 1478 de 2022), el cual se encuentra en proceso de actualización. En la tabla 1, se relacionan los más relevantes.

**Tabla 1. Instrumentos de GRD que aplican para entidades de carácter público y privado.**

Entidad rectora	Instrumento normativo	Sigla
UNGRD	Plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas (PGRDEPP), Decreto 2157 de 2017.	PGRDEPP
	Plan Nacional de Contingencia- PNC (Decreto 1868 de 2021)	PNC
Ministerio del Medio Ambiente: Autoridades Ambientales (CAR'S -ANLA).	Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencias, Decreto 1076 de 2015.	PGR-PDC
Ministerio de trabajo	Plan de emergencia (Decreto 1072 de 2015).	PDE
	Plan de Prevención de Accidentes Mayores- PPAM (Decreto 1347 de 2021.	PPAM

**Fuente: El autor.**

De manera resumida a continuación se citan los aspectos más relevantes de los instrumentos de gestión del riesgo de desastres relacionados con la implementación de la Ley 1523 de 2012.

- **Plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas (PGRDEPP). Decreto 2157 de 2017.**

Corresponde a el instrumento normativo con el *“cual se pretende implementar los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de la contingencia (Decreto 2157 de 2017)”*. Dicho

instrumento se fundamenta sobre la base de la ISO-31000 (estándar internacional de gestión del riesgo), el cual aborda los diferentes escenarios de riesgo de manera transversal y contempla para su formulación, adopción e implementación, otros sistemas de gestión.

- **Plan Nacional de Contingencia (PNC). Decreto 1868 de 2021.**

Este plan tiene como propósito implementar un marco normativo armonizado con la Ley 1523 e instrumentos relacionados como el PGRDEPP, en el cual se realiza un enfoque hacia los escenarios de riesgo tecnológicos, más específicamente de los relacionados con pérdidas de contención de hidrocarburos y otras sustancias peligrosas, que se relacionan con el proceso, almacenamiento y transporte de estas sustancias por medio de ductos, barcos, tanques de almacenamiento de hidrocarburos, entre otro tipo de infraestructura.

Otra las particularidades de este instrumento normativo, es que considera escenarios de riesgo que una vez se materialicen puede tener una afectación de extensión transnacional, por ende, se establecen dentro de este plan, lineamientos de cooperación nacional e internacional que incumben procedimientos de quema in-situ, utilización de dispersantes, entre otros procedimientos no estándar de recuperación de hidrocarburos en el mar.

- **Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencias (PGR-PDC). Decreto 1076 de 2015 artículo 2.2.2.3.5.1.**

Este componente del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que hace parte de los planes y programas y por ende se contempla dentro de los procesos de solicitud y seguimiento de la licencia ambiental por parte de la entidad regional ambiental o la ANLA, integra los procesos de la GRD de manera específica para los escenarios de riesgo endógenos y exógenos que se puedan materializar del proyecto obra o actividad hacia el entorno o viceversa.

Para su elaboración se utilizan los insumos propios de la caracterización de la línea base ambiental de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así como información secundaria relevante para las áreas de influencia definidas para el proyecto, obra o actividad.

Los lineamientos técnicos que se deben considerar para este componente del EIA en relación con los objetivos de este entregable, se relacionan con los Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión No 2, adoptados mediante Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015 por el MADS y la Metodología general para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, Metodología, Resolución 1402 de 2018 (MGPEA-2018).

### **6.1. Normatividad en cambio climático y variabilidad climático en el marco del licenciamiento ambiental.**

Si bien ya se contemplan instrumentos normativos relacionados con el cambio climático y la variabilidad climática, estos se miran dentro de un plano muy general, no obstante el MMADS y más específicamente la ANLA, en la actualidad están adelantando espacios de gestión del conocimiento y capacitación, con el objetivo de que los usuarios de las licencias ambientales, entre los que se incluyen las empresas y entidades del sector de la infraestructura, empiecen a considerar dentro de sus EIA y Planes de Manejo Ambiental, los fenómenos climáticos de escala global y regional.

Dentro de los referentes normativos que se han adoptado para Colombia, en lo relacionado con los fenómenos climáticos de gran escala y que se configuran como referentes para el sector de la infraestructura, se distinguen:

- **Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)**

Esta política establece los lineamientos generales para la gestión del cambio climático en Colombia. Fue creada en 2017 y tiene como objetivo principal coordinar las acciones de los diferentes sectores para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y fortalecer la resiliencia ante los impactos del cambio climático.

- **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC):**

Colombia presentó su NDC como parte del Acuerdo de París en 2015. En ella se *“compromete a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% por debajo de la línea base proyectada para 2030, con la posibilidad de llegar hasta un 30% condicionado a la obtención de recursos internacionales (Acuerdo de París, 2015)”*.

- **Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC):**

Esta estrategia, alineada con la PNCC, establece los lineamientos específicos para la implementación de acciones de adaptación y mitigación al cambio climático en Colombia. Fue lanzada en 2018 y se enfoca en sectores clave como energía, agricultura, transporte y gestión de riesgos.

- **Ley 1715 de 2014:**

Esta ley establece el marco para la promoción del desarrollo de fuentes no convencionales de energía renovable en Colombia, lo cual contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la transición hacia una matriz energética más sostenible.

- **Ley 1931 de 2018:**

Esta ley establece el *“marco normativo para la gestión del riesgo por cambio climático en Colombia. Entre otras disposiciones, crea el Sistema Nacional de Cambio Climático, define los instrumentos de gestión del riesgo climático y promueve la integración de consideraciones climáticas en la planificación territorial (Ley 1931, 2018)”*.

- **Ley 2169 de 2021:**

El artículo 6 de la Ley 2169 de 2021, *“Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones”* del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su numeral 17, dota de facultades a las autoridades ambientales para *“implementar las acciones necesarias en los instrumentos de manejo y control ambiental, con el objeto que, se promueva la incorporación de elementos de cambio climático como la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y la implementación de acciones de adaptación al cambio climático y la mitigación de GEI (Metas en materia de adaptación al cambio climático, Ley 2169, 2021)”*.

- **Acciones sectoriales y locales:**

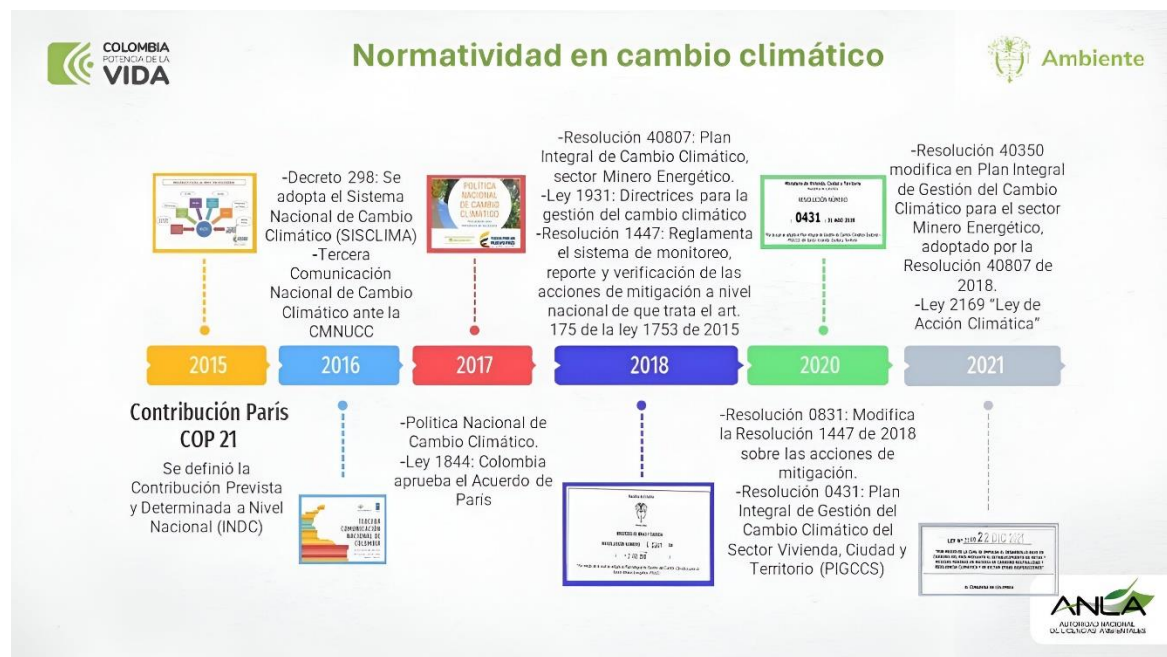
Además de las normativas a nivel nacional, existen acciones específicas en sectores como agricultura, transporte, industria y manejo de bosques, así como iniciativas locales en ciudades y municipios para enfrentar los desafíos del cambio climático.

- **Acciones adelantadas por la ANLA**

Actualmente la ANLA, junto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se encuentran elaborando la propuesta de actualización de instrumentos como la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA) y los Términos de Referencia, donde se incorporan elementos importantes al respecto. Actualmente el componente de cambio climático ya hace parte de la estructura del modelo de licenciamiento ambiental de la Entidad, donde dentro de las herramientas, instrumentos y acciones que ANLA ha desarrollado en torno al cambio climático.

En la figura 5, se muestra una línea de tiempo donde se referencian algunos de los instrumentos previamente abordados.

**Figura 5. Línea de tiempo normatividad de Cambio Climático licenciamiento ambiental.**



**Fuente: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, 2024).**



## 6.2. Contexto territorial de la gestión del riesgo de desastres en el marco de la exacerbación de eventos asociados a fenómenos climáticos para el municipio de Magangué.

Si bien el Plan de Desarrollo Departamental 2020 - 2023 “Bolívar Primero” incorpora el Ordenamiento Territorial, la Conservación Ambiental, la Adaptación y Mitigación del Cambio Climático y la Gestión del Riesgo dentro de uno de sus ejes estratégicos “Bolívar Primero Gestión Ambiental y Desarrollo Territorial”, el Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 “MAGANGUÉ progresa, educada, comunal e incluyente” no incorpora la Adaptación y Mitigación del Cambio Climático en ninguna de sus líneas estratégicas, por lo que se evidencia una importante desarticulación de ambos instrumentos en este tema.

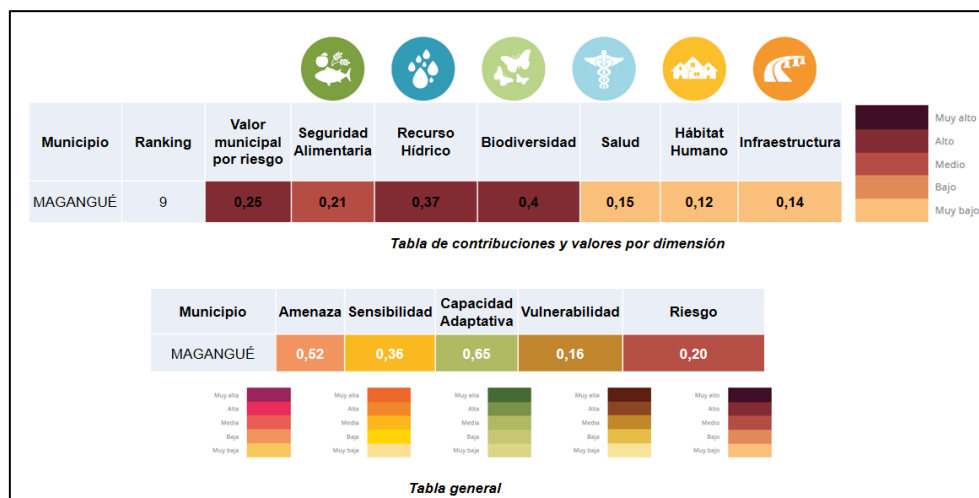
Lo que sí se puede identificar en el Plan de Desarrollo Municipal es una línea estratégica que incorpora la gestión del riesgo la cual corresponde a la Línea Estratégica 4 “Magangué Comunal y Sostenible Ambiental”, la cual, en su programa de Gestión de Riesgos “Magangué Resiliente”, se puede identificar que en el periodo de gobierno estipulado, se proyectan metas y productos para el cuatrienio, las cuales, como se mencionó anteriormente, no se incorporan proyectos relacionados de manera específica con el cambio climático y la variabilidad climática.

De acuerdo con (IDEAM -PNUD, 2015), para el departamento de Bolívar, se identifican 11 municipios que presentan riesgo alto por cambio climático, el municipio de Magangué se encuentra ubicado en la posición 9 del ranking municipal, aquí se tienen en cuenta dimensiones como seguridad alimentaria, recurso hídrico, biodiversidad, salud, hábitat humano e infraestructura (ver figura 1). El análisis previamente reseñado, muestra al municipio de Magangué como uno de los municipios presentan altos valores de riesgo por cambio climático en el departamento.

De acuerdo con *“las dimensiones analizadas, los temas de recurso hídrico, biodiversidad y seguridad alimentaria, deben ser prioritarios, puesto que en su mayoría tienen valores entre altos y medios de riesgo, y en conjunto tienen contribuciones relevantes al valor total de riesgo por cambio climático del municipio (Alcaldía de Magangué, 2020).*

En cuanto al análisis general realizado que se compila dentro de la figura 6, el municipio de Magangué se caracteriza por presentar una amenaza media, sensibilidad media, capacidad adaptativa alta, vulnerabilidad y riesgo altos al cambio climático.

**Figura 6. Indicadores de riesgo climático por temáticas para el municipio de Magangué.**



**Fuente:** Autor, adaptado de Tercera Comunicación de Cambio Climático IDEAM 2017.

En lo asociado a los eventos inundación, ocurridos en el municipio de Magangué, de acuerdo con el reporte histórico nacional de eventos, desde 1932 el departamento de Bolívar se ha visto afectado principalmente por eventos de inundación. “En los últimos 30 años (1985 – 2015), han sido registrados 747 eventos de inundación (eventos hidrometeorológicos), representando el 70% del total de fenómenos reportados en el departamento. Durante este período, los 3 años en que se registraron mayores frecuencias en los eventos de inundación en el departamento, fueron los años 1999, 2008 y 2010, donde se reportaron 99, 73 y 68 eventos respectivamente (UNGRD, 1998-2020)”.

Inscrito dentro de su territorio, el departamento de Bolívar, “que es el más alargado de Colombia, se encuentran cuatro regiones climáticas: litoral central, bajo Magdalena, medio Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá (IDEAM, 2012)”.

Los periodos de precipitación en Bolívar, durante el inicio del año corresponde a un periodo seco, que se interrumpe con la ocurrencia de dos periodos máximos de precipitación, que se registran en mayo y octubre, de igual manera la temperatura superficial del mar Pacífico, se configura como un detonante, dado que sus variaciones (fenómeno El Niño / La Niña) inciden dentro de los periodos de lluvia y sequía.

Esta influencia climatológica previamente reseñada, “es inversa en las regiones de Medio Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá. En cuanto a la evolución de la temperatura se puede apreciar un ligero aumento de anomalía positiva en los últimos tres años analizados (2012-2015) (IDEAM, 2012)”.

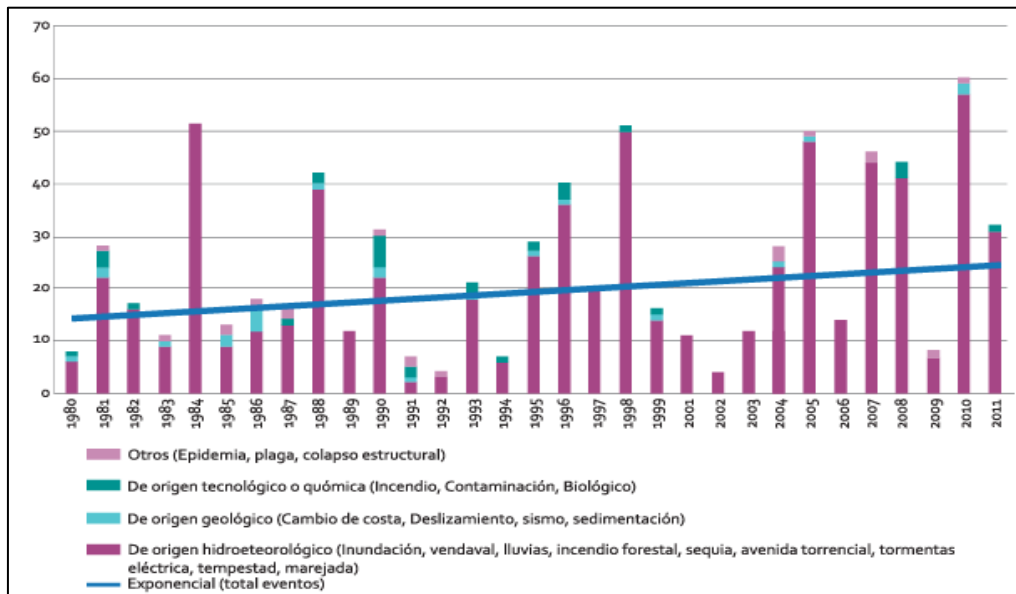
### 6.3. Análisis de eventos ocurridos en el área del proyecto, en el contexto de las variaciones climáticas extremas.

“La amenaza es el peligro latente de que un evento físico de origen natural causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños, y pérdidas en los bienes, la

infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (Metodología para evaluar los riesgos DNP, 2020)”.

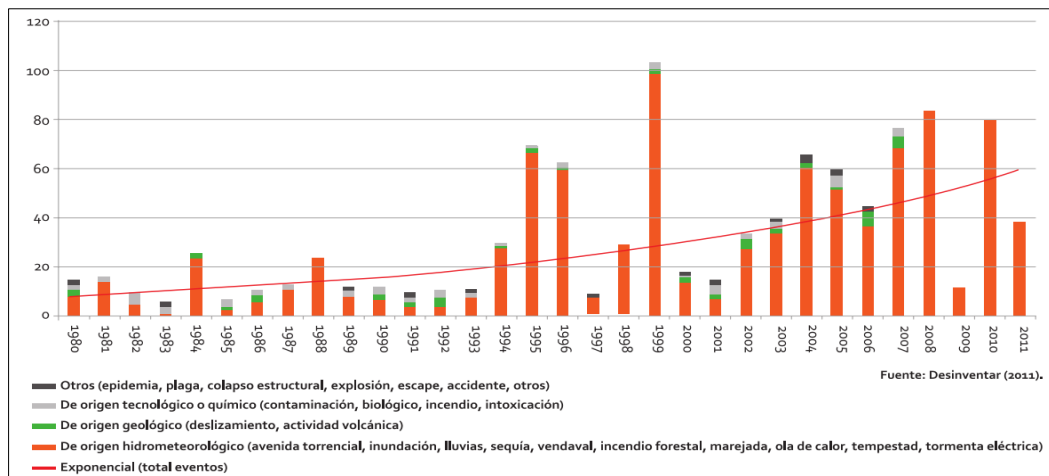
Con base en información de fuentes secundarias como el Plan departamental de Gestión del Riesgo de Magdalena y Bolívar, para el periodo comprendido entre 1980 a 2011, se incluye a continuación los resultados del registro estadístico de eventos ocurridos en los departamentos de Bolívar y Magdalena. Dentro de estos registros se evidencia la reiterada ocurrencia de eventos de origen hidrometeorológico asociados a inundaciones, vendavales, incendios forestales y avenidas torrenciales, entre otros sucesos (figuras 7 y 8).

**Figura 7. Frecuencia histórica de eventos en Magdalena.**



Fuente: Plan departamental de Gestión del Riesgo - Magdalena.

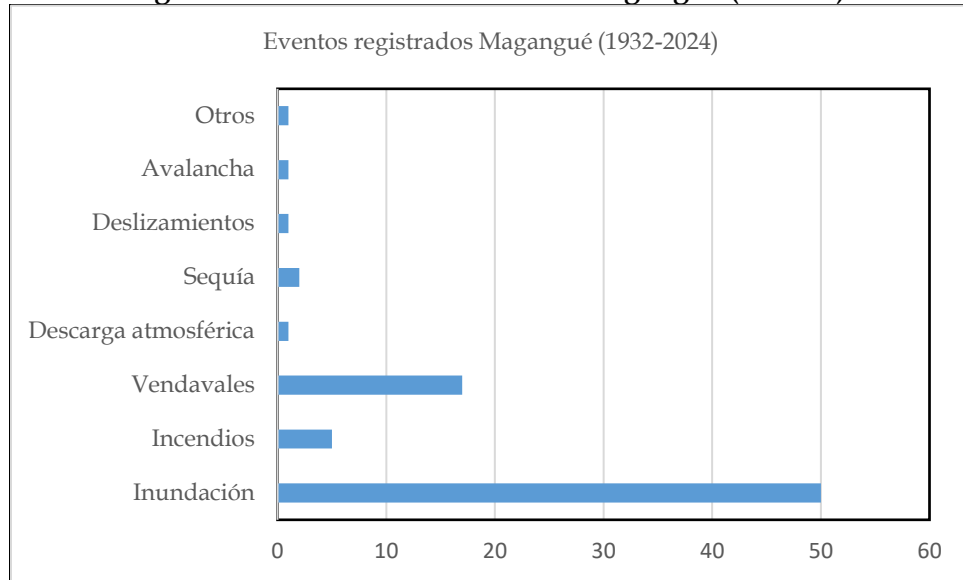
**Figura 8. Frecuencia histórica de eventos en Bolívar.**



Fuente: Plan departamental de Gestión del Riesgo - Bolívar.

De igual manera se realizó la consulta a la base de datos de Desinventar (Osso, 1996), en la cual para Magangué (Bolívar) se registran 78 eventos en el periodo 1932 a 2024, cuya distribución se muestra en la figura 9, en la cual se evidencia una mayor ocurrencia de eventos hidroclicmáticos de inundación, vendavales, seguidos de incendios y en menor proporción sequía, descarga atmosférica, deslizamientos y avalanchas.

**Figura 9. Distribución de eventos Magangué (Bolívar).**



**Fuente: Desinventar (Osso, 1996).**

## 7. Aspectos técnicos generales del estudio de caso

El proyecto para la construcción de la Variante a Magangué, está concebido para formar parte de la carretera denominada Transversal Depresión Momposina, correspondiente a la Ruta 78 (Puerta de Hierro-Magangué-El Burro) que interconecta la Troncal de Occidente (Medellín-Cartagena) con la Ruta del Sol (Bogotá-Santa Marta).

Localmente, la Variante proyectada comunicará el puente de Santa Lucía (Corregimiento de Santa Fe) con la vía nacional 7802, exactamente en el Barrio Camilo Torres del Municipio de Magangué, desviando el tráfico por lo largo de 12,33 kilómetros que actualmente cruzan por el centro del casco urbano de Magangué. Las altitudes a lo largo del proyecto varían entre los 18 y los 41 MSNM.

Actualmente, el acceso por vía terrestre al municipio de Magangué se realiza utilizando las vías urbanas del municipio, lo cual, genera conflictos de movilidad de los habitantes de la región con el tránsito de larga distancia y vehículos de carga pesada, afectando la seguridad de los usuarios y afectando la capacidad de las vías que han sido diseñadas para uso urbano y actualmente sirven como oferta vial para un tránsito interurbano.

Con el propósito de brindar a las poblaciones contiguas al proyecto vial, las mejores condiciones operativas para sus viajes Origen - Destino y la futura conexión con el puente Santa Lucía que conecta Yati (en la orilla occidente) con la isla grande (orilla oriente), sobre el río Magdalena, generando continuidad del corredor vial de la Transversal Momposina, se presenta el diseño geométrico de la Variante de Magangué, en la figura 10, donde se pueden observar las estructuras más relevantes que incumben las intersecciones de Camilo Torres, San Rafael y Acceso al Puente Santa Lucía.

Figura 10. Obras relevantes de la Variante Magangué.



Fuente: CYPRES Consultores – Consorcio BMC, 2023.

## 7.1. Especificaciones técnicas del proyecto

En la tabla 2, se relacionan las actividades y características técnicas más relevantes del proyecto:

**Tabla 2. Infraestructura proyectada.**

Especificación	Descripción
Tipo	Primaria, adscrita a la Red Vial Nacional
Calzada	Sencilla de 2 carriles de circulación; uno por sentido
Longitud	12.33 Km
Coordenadas	Inicio (barrio Camilo Torres): Norte: 1.517.480, Este: 919.830
	Fin (corregimiento Santa Fe): Norte: 1.519.060 Este: 930.080
Terreno	Discurre por relieve plano a ondulado
Altitud	Inicio (barrio Camilo Torres): 38.2 m.s.n.m.
	Fin (corregimiento Santa Fe): 20.5 m.s.n.m.
Tráfico Promedio Diario (TPD)	Actual sin variante: 2.800 vehículos
	Proyectado: 4.104 vehículos (año 2.032)
Velocidad de diseño	60 K/h (20 y 30 Km/h para intersecciones)
Rodadura	Pavimentada
Franja o derecho de vía	60 m (30 m a partir del eje central, a la izquierda y a la derecha)
Pendiente	Longitudinal: $\geq 0.3\%$
	Transversal: Bombeo 2.0%
Tipo de banca	Terraplén continuo; en su mayoría

Especificación	Descripción
Movimiento de tierra	Volumen de corte: 182.774,65 m <sup>3</sup> Sectores: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intersección K0</li> <li>- Acceso K0</li> <li>- Km0</li> <li>- Km1</li> <li>- Km2</li> <li>- Km3</li> <li>- Km4</li> <li>- Intersección K4</li> <li>- Acceso K4</li> <li>- Km5</li> <li>- Km6</li> <li>- Km7</li> <li>- Km8</li> <li>- Km9</li> <li>- Km10</li> <li>- Km11</li> <li>- Intersección Final Corredor principal</li> <li>- Intersección Final Ramales</li> <li>- Accesos menores</li> </ul>
	Volumen de terraplén: 585.196 m <sup>3</sup>
Sección transversa típica	Ancho de calzada: 7.30 m
	Bermas: 2 (ambas márgenes)
	Ancho bermas: 1.50 m
	Ancho de corona: 10.30 m
	Taludes de corte y terraplén: 1.25H: 1.0V
	Cunetas: Triangular revestida de 0.96 m (en sectores de corte)
	Zanjas de coronación: Sí
	Zanjas de terraplén: Sí (0.55 m x 0.30 m)
Intersecciones	A nivel en los siguientes sitios: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Camilo Torres: K0+000; glorieta</li> <li>- San Rafael: K4+100; glorieta</li> </ul>
	A desnivel y en glorieta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Santa Fe: K12+323</li> </ul>
Accesibilidad	A partir del trazado geométrico se proyectan adecuación de accesos; así: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede Camilo Torres U. Cartagena: K0+050</li> <li>- Cruce a Cascajal: K1+490</li> <li>- Cruce a Yatí: K8+350</li> <li>- Acceso Colegio Yatí y C. Puccini: K8+900</li> <li>- Batallón Infantería de Marina y C. Puccini: K9+270</li> </ul>

Especificación	Descripción
Obras hidráulicas transversales	De flujo y drenaje: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcantarillas de tubo de 0.90 m diámetro: 28 und</li> <li>- Alcantarillas de cajón (box - culvert): 30 und (variables)</li> <li>- Alcantarillas provisionales durante tratamiento de suelos blandos: 10 und dobles de 1.2m de diámetro flexibles.</li> </ul> Puentes: No
Zonas de Disposición de Material de Excavación Sobrantes - Zodmes	Ubicación y capacidad in situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>- K4+000 - 34.600 m<sup>3</sup></li> <li>- K4+200 - 5.400 m<sup>3</sup></li> <li>- K4+400 - 5.073 m<sup>3</sup></li> <li>- K8+400 - 19.247 m<sup>3</sup></li> <li>- K8+700 - 39.547 m<sup>3</sup></li> <li>- K9+000 - 44.909 m<sup>3</sup></li> </ul>
Fuentes de materiales previstas	Cantera Puccini: A explotar directamente; intervenida por terceros en algunos sectores; contigua al K9+000 (margen izquierda). Destinación: Terraplén. Cantera Santa Ana: A explotar directamente; intervenida por terceros en algunos sectores; a 56.2 Km del centro de gravedad de la variante. Destinación: Subbase granular y base granular estabilizada. Proveedores comerciales avalados minera y ambientalmente. Destinación: Mezcla asfáltica y como opción alternativa para materiales granulares.
Instalaciones	Plantas temporales: <ul style="list-style-type: none"> <li>- De fabricación de concretos hidráulicos, en la zona de la cantera Puccini.</li> <li>- De trituración de materiales pétreos, en la zona de la cantera Santa Ana.</li> </ul> Locaciones temporales: Campamento móvil no habitacional, conforme avance lineal de obras; sitios: <ul style="list-style-type: none"> <li>- K0+000</li> <li>- K0+050</li> <li>- K1+370</li> <li>- K2+250</li> <li>- K4+350</li> <li>- K8+320</li> <li>- K9+400</li> </ul>



Especificación	Descripción
Estructura de pavimento	Carpeta de rodadura: Entre 13 cm y 15 cm en promedio; mezcla asfáltica con gránulo de caucho reciclado. Volumen compacto aproximado: 20.321,70 m <sup>3</sup> .
	Base granular: 20 cm en promedio; estabilizada con emulsión asfáltica. Volumen compacto aproximado: 27.649,60 m <sup>3</sup> .
	Subbase granular: 30 cm en promedio, Volumen compacto aproximado: 50.605.90 m <sup>3</sup> .
	Mejoramiento de subrasante con afirmado: 0.20 m + sello Sectores: <ul style="list-style-type: none"> <li>- K4+110/160</li> <li>- K5+920/970</li> <li>- K6+240/360</li> <li>- K8+130/190</li> </ul> Volumen compacto aproximado: 946,70 m <sup>3</sup> .
Señalización	Señalización vertical: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglamentarias: 67 und</li> <li>- Preventivas: 57 und</li> <li>- Informativas: 46 und</li> </ul> Demarcación horizontal: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Borde de pavimento</li> <li>- Central continua</li> <li>- Central discontinua (visibilidad de adelantamiento)</li> </ul>

Fuente: Consorcio BMC, 2023.

## 7.2. Ocupaciones de cauce.

Se contemplan 28 ocupaciones de cauce permanentes y temporales para el proyecto. En las tablas siguientes (3 y 4) se relacionan las estructuras o alcantarillas respectivas que son objeto de ocupación de cauce, y de igual manera en la figura 11, se muestra su localización respecto a la totalidad del corredor vial proyectado, y se relacionan los sectores de ocupación de cauce solicitados para realizar intervenciones en los mismos.

**Tabla 3. Ocupaciones de cauce permanente.**

No.	ID Obra	Tipo	Abscisa	Coordenadas		Dimensiones			
				Este (m)	Norte (m)	Longitud (m)	Ø (m)	Altura (m)	Ancho (m)
1	ODT 11	Box Culvert	K1+200	4802709,4	2583870,1	13		2	2
2	ODT 14	Box Culvert	K2+765	4804102,5	2584451,6	16		1	5
3	ODT 15	Box Culvert	K3+085	4804383,5	2584589,2	14		3	3
4	ODT 16	Box Culvert	K3+808	4804967,0	2585015,7	13		1	1
5	ODT 17	Alcantarilla	K3+930	4805069,3	2585085,4	20	0,9		
6	ODT 20	Box Culvert	K4+540	4805520,8	2584888,1	14		1,5	1,5
7	ODT 34	Box Culvert	K10+130	4810530,7	2583523,6	16		3	5
8	ODT 35	Box Culvert	K10+380	4810729,7	2583656,3	15		3	5
9	ODT 36	Box Culvert	K10+600	4810864,6	2583829,9	15		3	5
10	ODT 37	Box Culvert	K10+880	4811036,6	2584050,7	14		3	5
11	ODT 38	Box Culvert	K11+126	4811187,4	2584244,4	14		3	5
12	ODT 39	Box Culvert	K11+245	4811260,4	2584338,9	15		3	5
13	ODT 40	Box Culvert	K11+390	4811338,6	2584460,7	15		3	5
14	ODT 41	Box Culvert	K11+540	4811384,7	2584602,9	16		3	5
15	ODT 42	Box Culvert	K11+790	4811503,1	2584814,8	15		3	5
16	ODT 43	Box Culvert	K12+000	4811699,5	2584889,9	20		3	5

Fuente: Consorcio BMC, 2023.

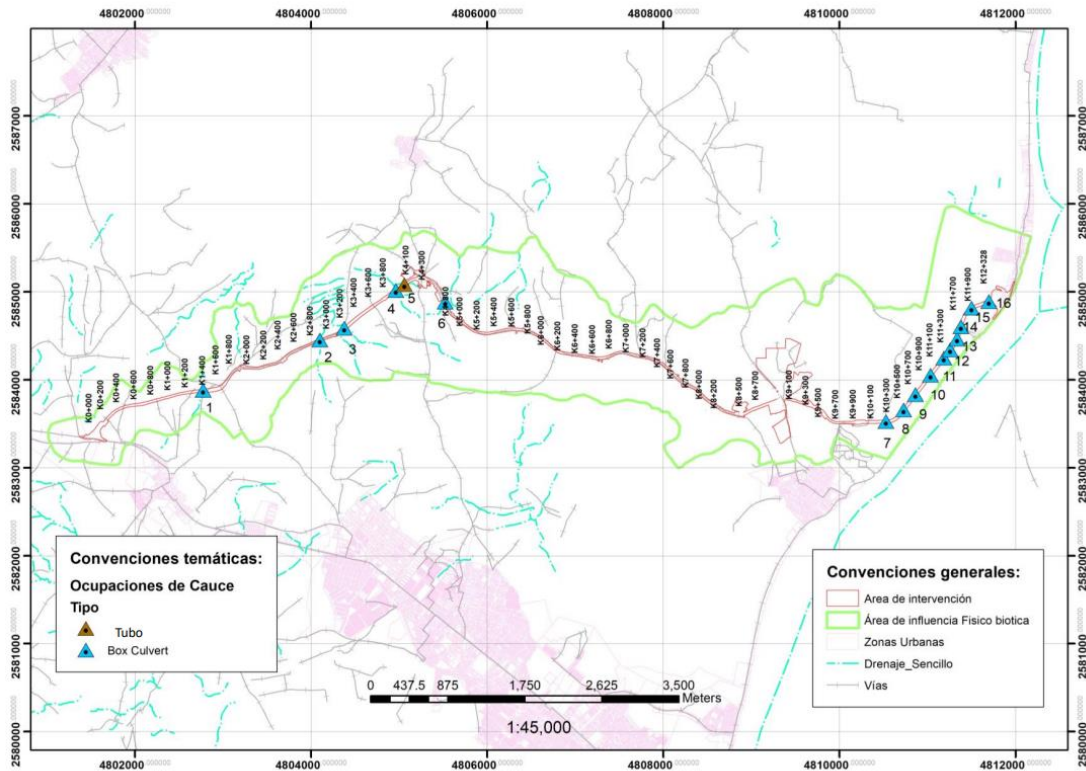
**Tabla 4. Ocupaciones de cauce temporal.**

No.	ID Obra	Tipo	Abscisa	Coordenadas		Dimensiones	
				Este (m)	Norte (m)	Longitud (m)	Ø (m)
7	ODT34P	Circular doble	K10+130	4810530,7	2583523,6	16	1,2
8	ODT35P	Circular doble	K10+380	4810729,7	2583656,3	15	1,2
9	ODT36P	Circular doble	K10+600	4810864,6	2583829,9	15	1,2
10	ODT37P	Circular doble	K10+880	4811036,6	2584050,7	14	1,2

No.	ID Obra	Tipo	Abscisa	Coordenadas		Dimensiones	
				Este (m)	Norte (m)	Longitud (m)	Ø (m)
11	ODT38P	Circular doble	K11+126	4811187,4	2584244,4	14	1,2
12	ODT39P	Circular doble	K11+245	4811260,4	2584338,9	15	1,2
13	ODT40P	Circular doble	K11+390	4811338,6	2584460,7	15	1,2
14	ODT41P	Circular doble	K11+540	4811384,7	2584602,9	16	1,2
15	ODT42P	Circular doble	K11+790	4811503,1	2584814,8	15	1,2
16	ODT43P	Circular doble	K12+000	4811699,5	2584889,9	20	1,2
17	ODT47P	Circular doble	K12+165	930110,0	1519050,0	37	1,2
18	ODT48P	Circular doble	K0+275	929950,0	1519150,0	25	1,2

Fuente: Consorcio BMC, 2023.

Figura 11. Localización de ocupaciones de cauce.



Fuente: Consorcio BMC, 2023.

## 8. Metodología

A continuación, se discriminan los lineamientos metodológicos y actividades que se consideraron para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

### 8.1. Actividades realizadas para el objetivo 1

La metodología que sea adoptada para realizar el análisis de susceptibilidad por inundaciones, es un proceso que requiere de la interacción e intervención de diferentes disciplinas y variables que requieren un amplio conocimiento del área, teniendo en cuenta el criterio experto para cada una de las temáticas que se tuvieron en cuenta.

De igual manera es necesario precisar que no se involucran variables asociadas con la dinámica hídrica, dado que no es del alcance de este estudio, teniendo en cuenta que se consideran ocupaciones de cauce temporales para el proyecto, por lo que se hace énfasis es en las características geomorfológicas.

En armonía con lo anterior, para que la evaluación de susceptibilidad sea un proceso objetivo, se utilizan los sistemas de Información Geográfica (SIG) y la evaluación multicriterio (EMC), tal como lo considera (Vidal, 2022), estas herramientas presentan un alto potencial para realizar este tipo de evaluaciones, permitiendo determinar con alguna precisión las zonas favorables para el desarrollo de inundaciones recurrentes en cuencas fluviales.

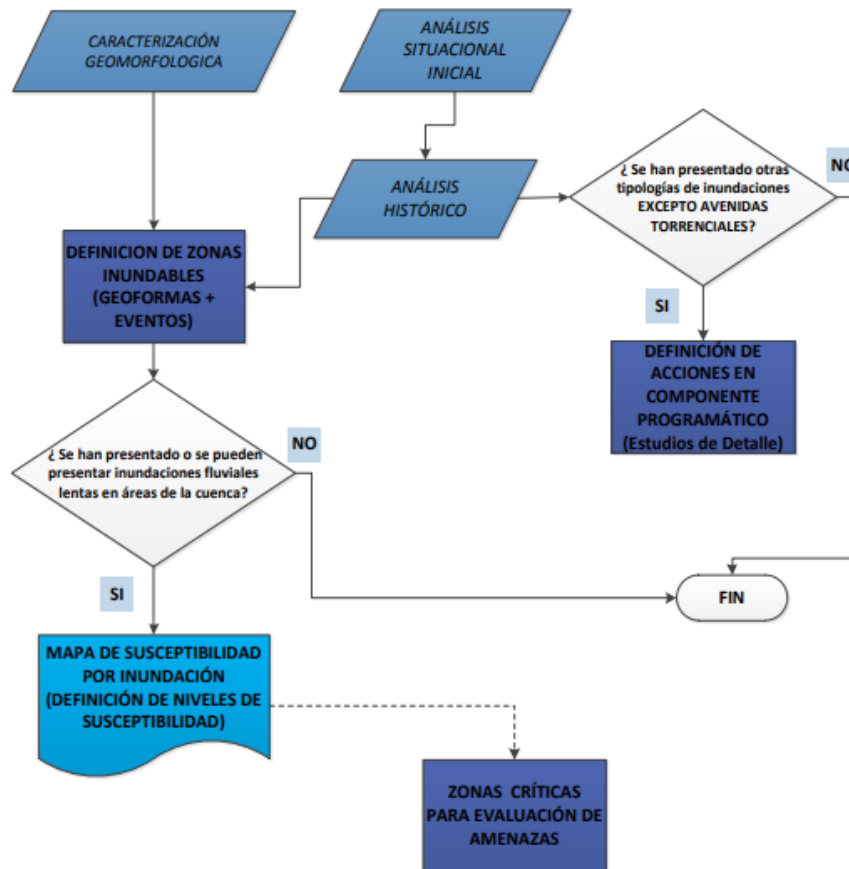
De igual manera, este tipo de sistemas permite analizar y manejar la información espacial por medio de la suma espacial de variables con un procesamiento apoyado en la evaluación multicriterio del experto, que permiten cuantificar factores del medio natural y establecer diferentes categorías de susceptibilidad a la inundación, logrando de esta manera resultados más cuantitativos, que representan con mayor precisión, las características de inundabilidad del área donde se ubica el proyecto.

Para determinar la susceptibilidad a la inundación se realizó en primera instancia un análisis multicriterio utilizando características geomorfológicas y topográficas del área de influencia del proyecto, que se obtuvieron de la caracterización de la línea base, del EIA realizado para la solicitud de licencia ambiental del proyecto: "Mejoramiento, Gestión Predial, Social y Ambiental Sostenible, mediante la Construcción de la Variante Magangué (Camilo Torres - Puente Santa Lucia), Contrato Invias 2257 de 2021.

El método de evaluación corresponde al análisis multicriterio teniendo en cuenta datos geográficos y datos cartográficos implementados en un ambiente SIG, para efectos del análisis heurístico.

En la figura 12 se muestra un esquema general de la metodología de (Miniambiente, Minhacienda y Fondo de Adaptación, 2014), que se utilizó como base para realizar la zonificación por susceptibilidad a inundaciones en el área de influencia.

Figura 12. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas.



Fuente: MinAmbiente, MinHacienda y Fondo de Adaptación, 2014.

A continuación, se describen las actividades desarrolladas, para cumplir con el objetivo 1

- Revisión y análisis de la información cartográfica y documental de la línea base ambiental del proyecto, relacionada con los componentes de hidrología, geomorfología, suelos, pendientes y coberturas.
- Determinación de variables y criterios para establecer pesos de las variables utilizadas, previamente reseñadas, así como de las categorías de susceptibilidad a la inundación resultantes.
- Superposición cartográfica y obtención del mapa de susceptibilidad a la inundación.

Ya de manera específica, para realizar el análisis de la susceptibilidad por inundación para el área de influencia del proyecto, se emplearon los siguientes parámetros: Pendientes,

geomorfología, suelos, cuerpos de agua (lénticos y lóticos) y coberturas, de la forma en que se muestra a continuación (ver tabla 5).

Dentro de esta tabla en mención, también se relacionan los criterios técnicos que se utilizaron para determinar los pesos con los que se realizó la zonificación de la susceptibilidad, los cuales se seleccionaron acorde a las variables para el análisis de susceptibilidad a inundación que propone (Vidal 2022), además, se muestran los pesos, las calificaciones de cada parámetro y los máximos utilizados para establecer los rangos y sus categorías, que se establecieron a partir de la cartografía realizada por cada experto en su temática respectiva.

De acuerdo con las calificaciones dadas se identifican los máximos valores de cada factor, se realiza su sumatoria y de esta forma se establecen los intervalos adecuados para categorizar los rangos de susceptibilidad a la inundación (tabla 6), con base en los criterios de (Vidal, 2022), que se adaptaron para las condiciones del área de estudio.

**Tabla 5. Factores condicionantes y criterios para establecer pesos en la zonificación de susceptibilidad por inundación.**

Factor	Condición	Peso (W)	Calificación	Máxima calificación
Cuerpos de agua	Ciénagas y Lagunas	10	6	6
	Distancia de 30m a Ciénagas y Lagunas		4	
Geomorfología	Llanuras y escarpes de terraza - Plano de inundación	35	15	15
	Llanuras y escarpes de terraza - Loma de pie de monte		10	
	Llanuras y escarpes de terraza - Glacis de erosión		10	
Pendientes	0-3%	30	13	13
	3-12%		12	
	12-25%		5	
Coberturas	Aguas Continentales	15	4	4
	Áreas húmedas Continentales		4	
	Bosques y Áreas Seminaturales		1	
	Pastos		2	
	Áreas agrícolas		2	
	Zonas urbanas e industriales		2	
Geología y Suelos	Relieve lomas, bien drenado	10	1	4

Factor	Condición	Peso (W)	Calificación	Máxima calificación
	Plano inundación, Pobrementemente drenado		3	
	Glacis acumulación, bien drenado		2	
	Cubeta, Pobrementemente drenado, Inundable		4	

Fuente: El autor.

**Tabla 6. Sumatoria de máximos y rangos de susceptibilidad a la inundación.**

Sumatoria Máximos	42
Susceptibilidad baja	0-14
Susceptibilidad media	14-28
Susceptibilidad alta	>28

Fuente: El autor.

## 8.2. Actividades realizadas para el objetivo 2

Una vez elaborado el mapa de susceptibilidad a la inundación, se procedió a realizar un análisis tanto de los insumos que se utilizaron como también de los resultados obtenidos de la susceptibilidad.

Este análisis permitirá al lector de este documento tener una mayor precisión de la información que se debe entregar en lo relacionado con las inundaciones, en el marco del licenciamiento ambiental, ya que se confronta su alcance con lo que normativamente se tiene estipulado dentro de instrumentos como los Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión No 2, la MGPEA (2018) y el Decreto 2157 de 2017.

## 8.3. Actividades realizadas para el Objetivo 3

Tomando como referencia el cumplimiento de los objetivos 1 y 2, relacionado con el proceso de conocimiento del riesgo, es necesario contemplar los lineamientos que se deben adoptar para el componente programático de la GRD del proyecto, en lo relacionado con el subproceso de monitoreo del riesgo y el proceso de reducción del riesgo.

Adicional a lo anterior, es muy relevante dentro de la formulación de este componente programático, como una de las alternativas de solución para la implementación de la GRD relacionadas con los subprocesos de monitoreo del riesgo, así como de los procesos de reducción del riesgo y manejo de la contingencia o el desastre por inundación, implementar proyectos enfocados en la adaptación al Cambio Climático y la Variabilidad Climática, que se articulen con

los Instrumentos de Planificación para la Gestión del Riesgo de Desastres a nivel departamental y municipal.

El municipio de Magangué no cuenta con líneas de acción asociadas a la incorporación del Cambio Climático en su Plan de Desarrollo, por lo cual en la tabla 7, se plantean las siguientes alternativas articuladas con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y con La Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

**Tabla 7. Líneas estratégicas y líneas de acción de alternativas de solución**

Línea estratégica	Línea de acción
Incorporación de la variabilidad y cambio climático en los instrumentos de planificación del Estado.	Integrar orientaciones y acciones de adaptación al cambio climático en los instrumentos de planificación del desarrollo, GRD, así como de ordenamiento ambiental y territorial.
Manejo y conservación de los servicios ecosistémicos para el desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima	Impulsar medidas para la conservación y restauración de ecosistemas terrestres y marino-costeros que faciliten la adaptación de sistemas como los servicios de regulación hídrica y de gestión del riesgo de inundaciones
Desarrollo de infraestructura estratégica baja en carbono y resiliente al clima	Establecer medidas técnicas que se deben contemplar para el diseño estructural, en el contexto de la exacerbación de los escenarios de variabilidad y cambio climático.

**Fuente: Autor, adaptado de Tercera Comunicación de Cambio Climático IDEAM 2017.**

Con relación a los aspectos técnicos que se deben considerar para la implementación del proceso de conocimiento del riesgo, así como dentro de los programas de monitoreo y reducción del riesgo, es necesario indicar que, en función de los lineamientos normativos previamente abordados, **seguidamente**, se contemplan los aspectos técnicos de mayor relevancia que se tuvieron en cuenta para la implementación de programas de conocimiento del riesgo, monitoreo del riesgo y reducción del riesgo.

**Tabla 8. Lineamientos técnicos relacionados con conocimiento, monitoreo y reducción del riesgo.**

Instrumento normativo	Conocimiento del riesgo	Monitoreo del riesgo	Reducción del riesgo
Plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y	Establecimiento del contexto, contexto del proceso de gestión del riesgo, criterios del riesgo,	Protocolos o procedimientos de cómo se llevará a cabo el monitoreo. Protocolos o	Intervención correctiva: identificación, diseño y priorización de medidas correctivas.  Intervención prospectiva: Acoger reglamentaciones y restricciones de uso



Instrumento normativo	Conocimiento del riesgo	Monitoreo del riesgo	Reducción del riesgo
privadas (PGRDEPP), Decreto 2157 de 2017.	valoración del riesgo (metodología, causas, controles, amenazas escenarios, áreas de afectación, elementos expuestos), análisis del riesgo evaluación y monitoreo del riesgo.	procedimientos de notificación previos a una situación de emergencia de acuerdo con los umbrales de los parámetros e indicadores identificados. Selección de parámetros e indicadores objeto de monitoreo del riesgo. Diseño e instalación de la instrumentación (Si se requieren). Obtener información adicional para mejorar la valoración del riesgo. Analizar y aprender lecciones a partir de eventos ocurridos. Identificar riesgos futuros.	del suelo, en los instrumentos de planificación, incorporar estudios de prefactibilidad y diseños en los que se consideren las características del entorno, definir área de afectación del área de intervención acorde a las obras a desarrollar.

Instrumento normativo	Conocimiento del riesgo	Monitoreo del riesgo	Reducción del riesgo
Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencia, Decreto 1076 de 2015. Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión No 2, adoptados mediante Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015 por el MADS.	Identificación, caracterización, análisis y evaluación de amenazas Se deben identificar las amenazas (endógenas y exógenas), en cada una de las fases del proyecto (construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento y abandono), que puedan generar consecuencias sobre los elementos expuestos	N/A	El proceso de reducción del riesgo incluye las medidas y estrategias de prevención y mitigación a implementar, para disminuir la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo. Las medidas se deben establecer acorde a actividades y etapas del proyecto.
Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencia, Decreto 1076 de 2015. Metodología general para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, Metodología, Resolución 1402 de 2018 (MGPEA-2018).	El conocimiento debe tener en cuenta: identificación, priorización y caracterización de escenarios de riesgo; análisis y evaluación del riesgo, monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes; y comunicación para promover una mayor conciencia del riesgo.	N/A	En el proceso de reducción del riesgo se deben incluir medidas encaminadas a la prevención y mitigación del riesgo, para las diferentes etapas del proyecto.

Fuente: Autor.

#### 8.4. Actividades realizadas para el objetivo 4.

De manera análoga para el proceso de manejo de la contingencia, aunque con un enfoque en la materialización del escenario de riesgo por inundación, una vez ocurra el evento, también se

deben de considerar los aspectos normativos, territoriales y líneas estratégicas previamente reseñadas, como también se deben tener en cuenta los aspectos técnicos que se documentan a continuación (tabla 9).

**Tabla 9. Lineamientos técnicos relacionados con el proceso de manejo de la contingencia o el desastre.**

Instrumento normativo	Manejo de la contingencia
<p>Plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas (PGRDEPP), Decreto 2157 de 2017.</p>	<p><b>Plan de Emergencias y Contingencia (PEC):</b></p> <p><i>“Componente de preparación para la respuesta a emergencias: Capacitación, Simulaciones y simulacros, equipamiento, Planeación y organización, Equipo de respuesta del plan de emergencia y contingencia, Roles y responsabilidades, Inventario de recursos, Apoyo a terceros. Componente de ejecución para la respuesta a emergencias: Alcance, niveles de la emergencia, alerta, alarma y activación, estructura para la respuesta, protocolos y procedimientos de respuesta (Decreto 2157,2017)”</i>.</p>
<p>Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencia, Decreto 1076 de 2015. Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión No 2, adoptados mediante Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015 por el MMADS.</p>	<p><i>“El plan de manejo de la contingencia debe estar articulado con los planes de contingencia locales, departamentales y regionales, e incluir información reciente sobre la capacidad de respuesta de las entidades de atención de emergencias en la región. Deben cartografiarse las áreas de riesgo identificadas, las vías de evacuación y la localización de los equipos necesarios para dar respuesta a las contingencias (MMADS Resolución 0751, 2015)”</i>.</p> <p>Se debe presentar un programa de capacitación y divulgación del PDC al personal del proyecto y comunidades, incluyendo las entidades del Sistema Nacional de la Gestión del Riesgo.</p>
<p>Plan de gestión del riesgo o Plan de contingencia, Decreto 1076 de 2015. Metodología general para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, Metodología, Resolución 1402 de 2018 (MGPEA-2018).</p>	<p><b>Plan estratégico:</b> Resultados del análisis del riesgo y medidas de reducción y mitigación, y definición de niveles de respuesta.</p> <p><b>Plan operativo:</b> Procedimientos de la atención o respuesta, así como mecanismos de notificación y organización.</p> <p><b>Plan informático:</b> Directorios del personal y equipos propios, establecimiento de planes de ayuda mutua (PAM), con entidades privadas o del territorio.</p>

Fuente: Autor.

## 9. Resultados y discusión

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos, en función de los objetivos planteados, incluyendo su respectiva discusión, en aras de presentar al lector los aspectos más relevantes que se deben considerar para el análisis de la susceptibilidad a la inundación, así como del componente programático que se debe implementar contemplando los componentes de monitoreo y reducción del riesgo, así como del proceso de manejo de la contingencia o desastre, en el contexto de la adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática.

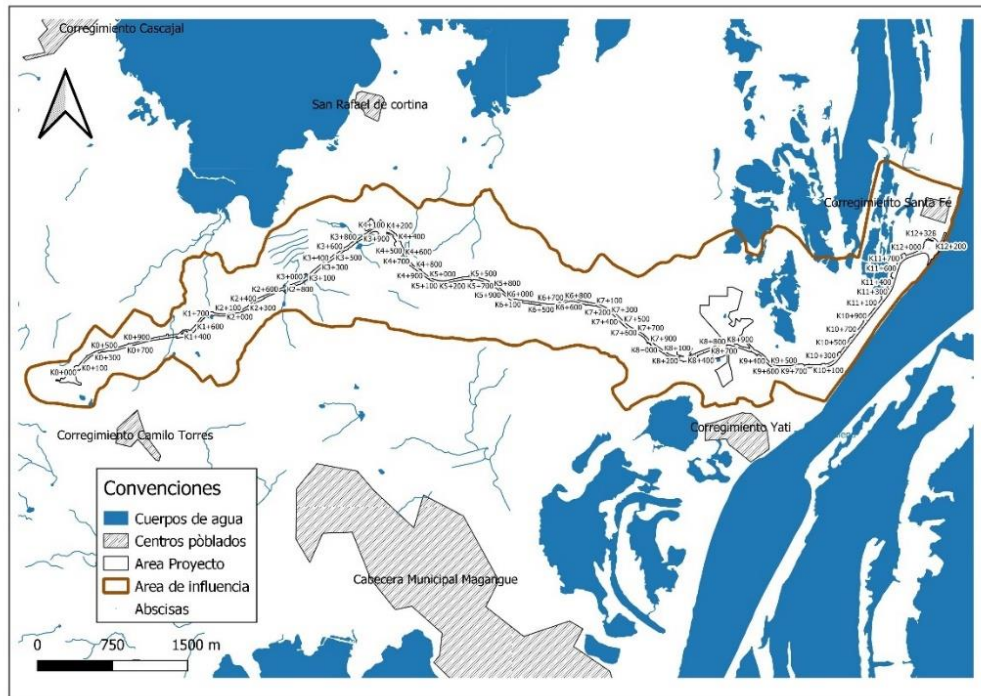
### 9.1 Resultados Objetivo 1

En armonía con el numeral 8.1 de la metodología y para dar cumplimiento al objetivo 1, a continuación, se presentan los resultados de la caracterización de cada uno de los factores condicionantes que se consideraron, así como del análisis de la susceptibilidad a la inundación resultante.

#### 9.1.1. Caracterización hidrológica del proyecto.

En la figura 14, se muestra la cartografía de los cuerpos de agua que se tuvieron en cuenta para el análisis de susceptibilidad a la inundación, el cual se complementa con la caracterización de los cuerpos lóticos y lénticos que aplican para el proyecto.

Figura 13. Cuerpos hídricos.



Fuente: Autor.

- **Zonificación hidrológica según el IDEAM**

De acuerdo con la zonificación hidrográfica de Colombia establecida por (IDEAM, 1978) para el país, la variante de Magangué se localiza en el área hidrográfica MAGDALENA-CAUCA, en la zona hidrográfica BAJO MAGDALENA - CAUCA - SAN JORGE y en la subzona hidrográfica BAJO SAN JORGE - LA MOJANA, identificada esta última con el código 2502. Esta subzona hidrográfica presenta un área aproximada de 17.259 km<sup>2</sup>, mientras que el área de influencia definida para el componente de hidrología tiene un área de 23,7 km<sup>2</sup>.

Por otra parte, el trazado vial proyectado de la variante de Magangué que, corre en dirección occidente a oriente, no cruza cauces de corrientes de agua de régimen hidrológico permanente. Este trazado cruza únicamente una serie de drenajes que transportan aguas lluvias procedentes de las colinas circundantes hacia las ciénagas existentes a partir de pequeñas áreas aportantes.

Finalmente, se aclara que, a la altura del municipio de Magangué, el río Magdalena (Brazo de Loba) corresponde al límite nororiental de la subzona hidrográfica, siendo la única corriente de agua permanente adyacente al área de influencia del componente de hidrología.

Como se explicó anteriormente, por el trazo de la variante en estudio no se encontró, ningún cuerpo de agua permanente. En el estudio se retomaron los caudales máximos instantáneos producidos por la escorrentía, establecidos en la caracterización hidrológica del EIA del proyecto (Consortio BMC, 2023), estos caudales se calcularon por medio de metodología lluvia - escorrentía, por lo que se identificaron las hoyas hidrográficas aferentes a cada obra de drenaje a proyectar; con sus características morfológicas y físicas, como el área de drenaje, longitud del cauce y pendiente del cauce principal.

- **Clasificación de cuencas**

En la tabla 10, se relaciona la clasificación de las cuencas según la ordenación y manejo de cuencas propuesta por (IDEAM, 1978).

**Tabla 10. Clasificación de las cuencas y patrón de drenaje.**

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Microcuenca	Forma de la cuenca	Tipo de drenaje	Área (mts)
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	80018,6238
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	130947,837
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	745595,29

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Microcuenca	Forma de la cuenca	Tipo de drenaje	Área (mts)
	- Cauca - San Jorge					
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-oblonga a rectangular-oblonga	Drenaje rectilíneo	168090,274
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	1206590,63
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	263354,331
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	609725,204
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	548917,227
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-oblonga a rectangular-oblonga	Drenaje rectilíneo	228413,221
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	85935,9801
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	117682,753
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	25091,9485
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	32085,7347

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Microcuenca	Forma de la cuenca	Tipo de drenaje	Área (mts)
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	207337,847
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	299162,175
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Oval-oblonga a rectangular-oblonga	Drenaje rectilíneo	7218,01282
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	64668,1458
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	131118,819
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	453445,016
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	228783,459
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	395082,964
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	227561,123
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	353814,366
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	164599,663

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Microcuenca	Forma de la cuenca	Tipo de drenaje	Área (mts)
	- Cauca - San Jorge					
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	56395,122
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	154034,16
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	101138,779
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	44834,3387
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	48139,1013
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	5586,82739
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	22836,141
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	70607,8895
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	241320,202
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Ciénaga Las Pavas	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	8473,4734



Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Microcuenca	Forma de la cuenca	Tipo de drenaje	Área (mts)
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Oval-redonda a oval oblonga	Drenaje rectilíneo	27114,1872
Magdalena -Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	Caño El Chorro	Casi redonda a oval redonda	Drenaje rectilíneo	27753,2492

Fuente: Consorcio BMC, 2023.

- **Sistemas lenticos**

Los sistemas de agua lenticos en el área de influencia corresponden, de acuerdo con la cartografía IGAC a las ciénagas de: Las Pavas, Guamalito y Rincón Grande localizadas entre el casco urbano de Magangué y Yati; y las ciénagas de: El Pelú y La Candelaria, ubicadas al costado sur del sector de Santa Fe.

Estas ciénagas localizadas en la llanura de inundación del río Magdalena hacen parte de dos diferentes complejos cenagosos presentes en el municipio. El primero de ellos, ubicado al sur del casco urbano definido como complejo de la Ciénaga Grande y el otro, al costado norte del proyecto conocido como complejo Cascajal – Cortinas.

De acuerdo con lo anterior, las ciénagas ubicadas en el complejo de Ciénaga Grande entre el casco urbano y el corregimiento de Yati; es decir, Las Pavas, Guamalito y Rincón Grande han sido afectadas por la construcción de jarillones tanto al sur como al norte y la disposición de residuos sólidos, ha conducido a que actualmente, se encuentren reducidas a áreas pantanosas al perder la comunicación directa con el río y la ciénaga Grande, aunque en época de lluvias, recuperan parte del espejo de agua natural del vaso lacustre de las mismas. Por otra parte, dada esta situación, estas se han convertido en grandes lagunas de oxidación para el casco urbano y Yati.

En cuanto a las ciénagas de El Pelú y La Candelaria, estas hacen parte del complejo Cascajal – Cortinas, el cual está conformado por aproximadamente 40 ciénagas ubicadas al norte del municipio de Magangué, *“interconectadas por los caños secundarios actualmente cubiertos de vegetación acuática, algunos taponados por diques o Jarillones de origen antrópico. Este complejo se alimenta del río Magdalena (Brazo de Loba) a través de caños primarios (Consorcio BMC, 2023)”*.

En el siguiente registro fotográfico (figuras 14 y 15) se aprecian diferentes sectores de la ciénaga El Pelú, durante el recorrido efectuado en el mes de noviembre de 2019. Igualmente, se presenta una vista panorámica de la ciénaga Candelaria.

**Figura 14. Estado ciénaga el Pelú y Candelaria**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

**Figura 15. Ciénaga Candelaria**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Sistemas loticos**

Frente a los sistemas loticos, es preciso resaltar que, en el área de influencia a nivel de hidrología en el proyecto variante de Magangué, no se encuentran quebradas, caños o ríos; únicamente hace presencia una serie de drenajes menores que responden a la ocurrencia de las lluvias transportando estas aguas hacia las ciénagas localizadas al norte y sureste del área de influencia. Estos drenajes no presentan conexión directa con el río Magdalena, y se caracterizan por corresponder a áreas aportantes pequeñas, poco profundas debido al relieve, de régimen intermitente; es decir, secas en época seca y con bajos caudales en temporada de lluvias. Por otra parte, estos se localizan principalmente en el costado occidental, con una dirección de flujo de sur

a norte; es decir, hacia las ciénagas de Cascajal y Limpia las cuales se encuentran fuera del área de influencia del componente; igualmente, se presentan algunos drenajes que fluyen hacia la ciénaga de Las Pavas en sentido norte - sur, ubicados hacia el costado oriental del proyecto.

En el área adyacente al cauce del río Magdalena y entre las ciénagas del complejo Ciénaga Grande y Cascajal - Cortina no se identifican drenajes de ninguna índole, esto debido a la topografía plana característica de la llanura aluvial del río.

También es preciso resaltar que por las condiciones climáticas de la zona, la red de drenaje natural ha sido altamente intervenida por la acción antrópica al interceptar mediante la construcción de reservorios o jagüeyes las aguas lluvias escurren por estos. Lo anterior ha conducido a la existencia de una gran cantidad de estos elementos de almacenamiento temporal de las aguas lluvias para usos principal de mantenimiento de ganado y por consiguiente una severa disminución en la oferta del recurso aguas abajo de cada punto intervenido.

En la figura 16 se pueden observar los drenajes típicos del área a la altura del cruce con el proyecto vial, donde se observa: Canales secos cubiertos de vegetación, obras hidráulicas en mal estado y algunos intervenidos por maquinaria pesada.

**Figura 16. Drenajes menores típicos dentro del área de influencia al punto de cruce con el proyecto vial.**





Fuente: Consorcio BMC, 2023.

- **Patrones de drenaje a nivel regional**

A pesar de que dentro de la tabla 10, se incluyen los patrones de drenaje para cada cuerpo de agua identificado y tal como se muestra en la figura 11, es necesario indicar que, en la vía no existen drenajes permanentes que se intercepten. Por lo tanto, no existen registros de caudales constantes, lo que conduce a que el caudal ambiental y la oferta hídrica en la zona es igual a cero (0). Por lo anterior, no es posible obtener valores de caudales mínimos pues ya que en periodos de estiaje el caudal llega a cero (0).

### 9.1.2. Unidades geológicas y estratigrafía local

Seguidamente se relaciona la descripción de las unidades geológicas y estratigráficas a escala local que corresponde a uno de los insumos con los que se llevó a cabo al análisis de la susceptibilidad a la inundación.

- **Miembro Inferior de la Formación Betulia**

- **Lodos arenosos, arenas conglomeráticas y conglomerados oligomícticos (TQ1b)**

Secuencia de capas sub-horizontales con variación lateral de facies. Se presentan niveles de areniscas conglomeráticas poco litificadas de color naranja rojizo a naranja amarillento; presenta relación matriz-clastos 90 - 10 con gravas mal seleccionadas hasta de 1", acompañados de arcillolitas arenosas duras, de color gris moteado y consistencia media, junto con capas de areniscas conglomeráticas de color naranja poco litificados y conglomerados areno-arcillosos

clasto-soportados, con clastos mal seleccionados de arena gruesa a guijos e cuarzo, chert, esquistos y xilópalos (figuras 17, 18 y 19).

**Figura 17. Secuencia sedimentaria perteneciente al miembro inferior de la Formación Betulia (TQ1b) (X: 927364; Y: 1518270)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

**Figura 18. Contacto neto entre capas de arenisca media a gruesa con conglomerado oligomítico. (X: 927364; Y: 1518270).**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

**Figura 19. Aparente concentración de hidrocarburo pesado en nivel de arena conglomerática (X: 927364; Y: 1518270)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Depósitos Aluviales (Qal)**

Sedimentos estratificados no consolidados, conformados por intercalaciones de arenas de grano muy fino, limos y arcillas de color gris a gris amarillento. Estudios a detalle realizados establecen que se tienen sedimentos de arena limosa no litificadas con niveles presencia de gravas ocasionales de hasta 10 cm. Se presentan niveles con concentración y/o acumulación de óxidos de hierro que otorgan a la secuencia un color amarillento rojizo (figura 20).

**Figura 20. Depósitos de planicie aluvial del río Magdalena. (X: 930313; Y: 1519347)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Depósitos Lacustres (Q2lc)**

Arcillas de color gris a gris azulado con alto contenido de materia orgánica, plásticos y húmedos a saturados. En época seca las zonas que presentan total evaporación del espejo de agua exponen estructuras sedimentarias tipo grietas de desecación asociadas a la expansión y contracción parcial de los sedimentos finos (figura 21).

**Figura 21. Sedimentos finos asociados a zonas fluvio-lacustres (X: 930061; Y: 1519065).**

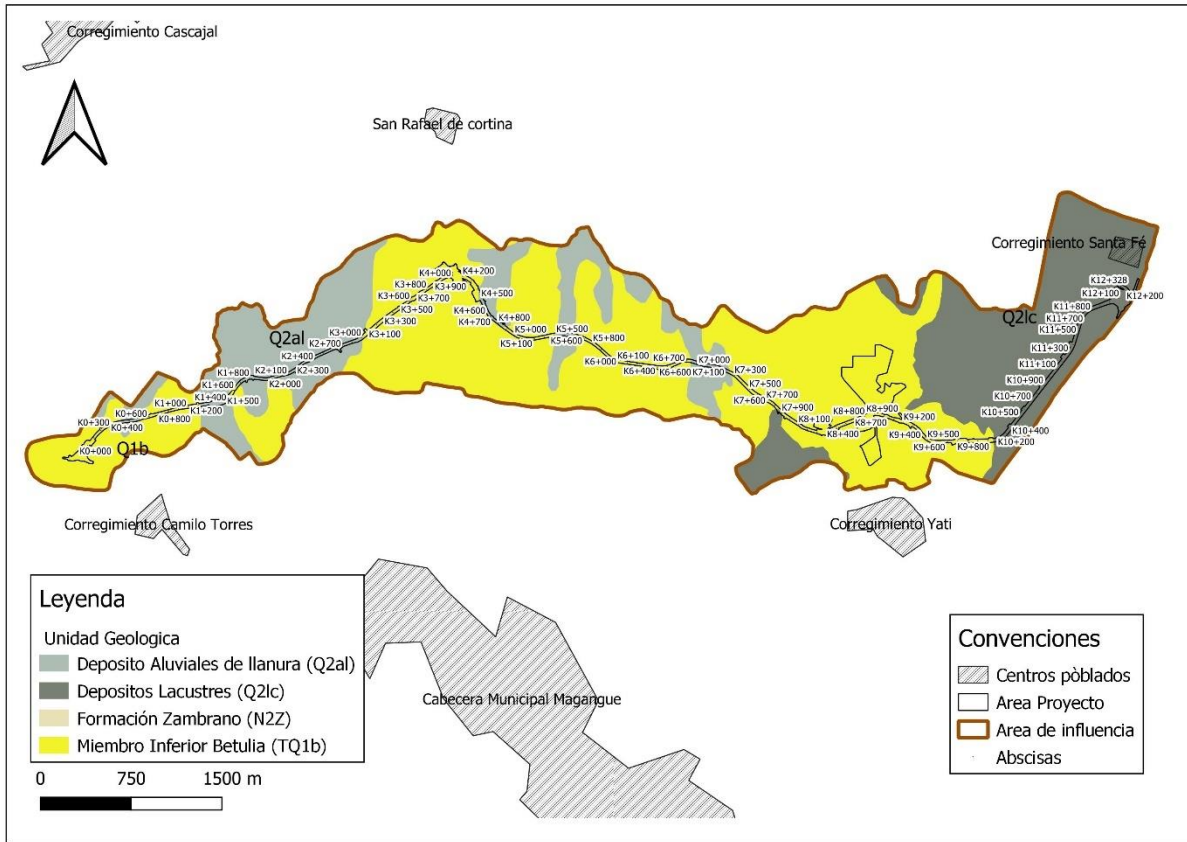


**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Mapa de unidades geológicas.**

En la figura siguiente (figura 22) se muestra la distribución espacial de las unidades geológicas que se consideraron tanto para el componente geomorfológico, como de suelos, insumos utilizados para el análisis de la susceptibilidad a la inundación.

Figura 22. Mapa de unidades geológicas.



Fuente: Autor retomado del EIA.



### 9.1.3. Unidades de suelo utilizadas para el análisis de susceptibilidad a la inundación.

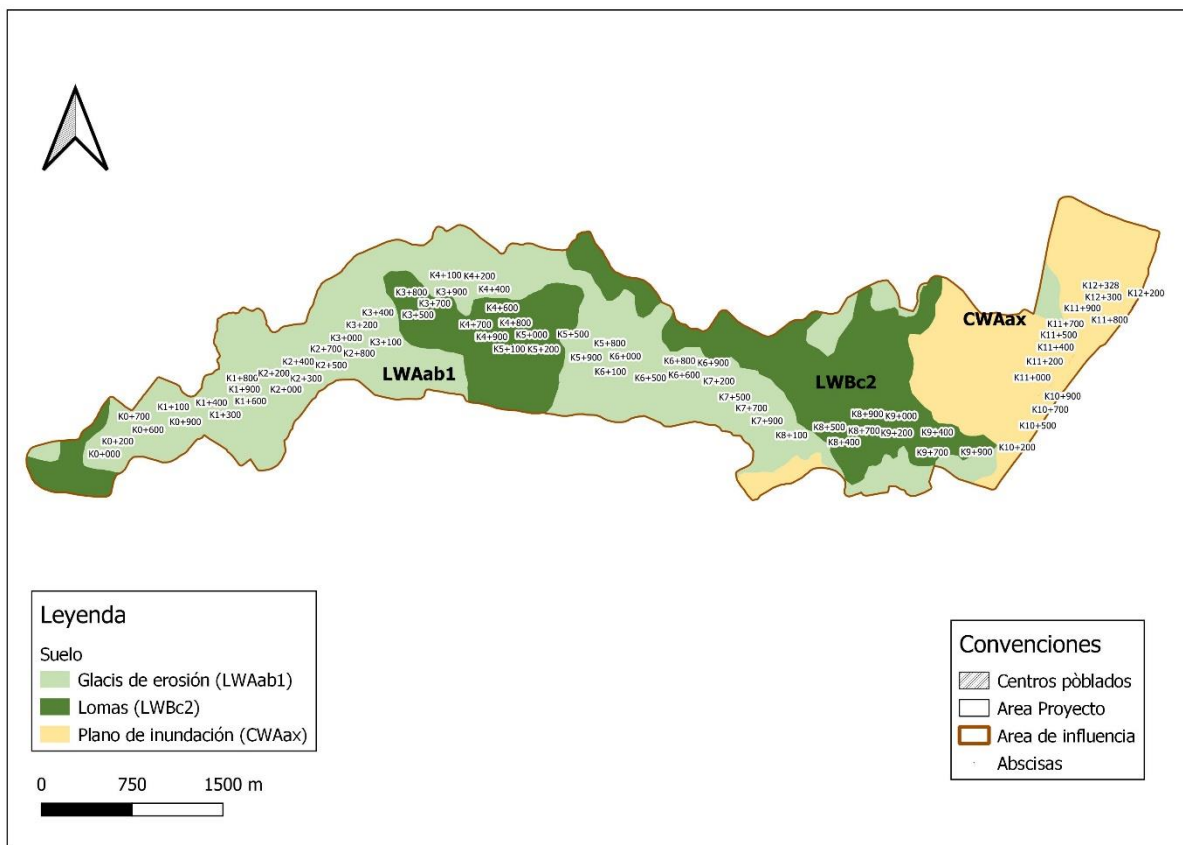
Los suelos asociados a las formas de terreno dominantes en el área de influencia del caso de estudio, fueron:

1. Suelos de glacis de erosión (LWAab1)
2. Suelos de lomas (LWBc2)
3. Suelos en planos de inundación (CWAax)

#### Mapa de unidades de suelos.

A continuación, se presenta el mapa de unidades de suelo para el área de influencia del proyecto, temática que se tendrá en cuenta para el análisis de la susceptibilidad a la inundación (figura 23).

Figura 23. Mapa de unidades de suelo.

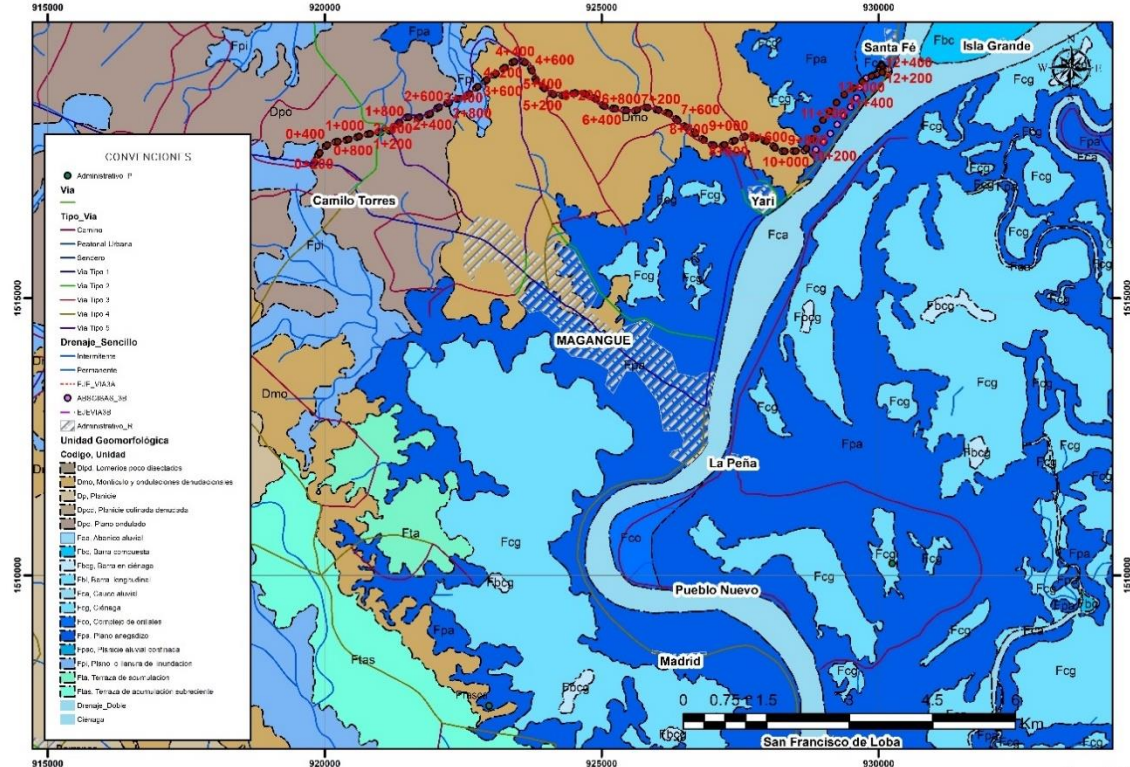


Fuente: Autor retomado del EIA.

### 9.1.4. Geomorfología y pendientes.

De acuerdo con lo establecido en la plancha 53 del SGC (2015), “el municipio de Magangué se encuentra en zonas con ambientes morfogenéticos fluviales y denudaciones. La geomorfología regional consiste principalmente de geofomas fluviales ubicadas al Este de la plancha 53, producto de la influencia del río Magdalena y sus afluentes. Estas geofomas consisten en diques naturales (levee), lóbulos de derrame (crevasse splay), meandros, zonas lacustres y de ciénaga. Al Oeste de la plancha se observan terrenos planos con pendientes suaves (Servicio Geológico Colombiano, 2015)”. (Ver figura 24).

**Figura 24. Unidades geomorfológicas de la plancha 53 hacia el sector del proyecto.**

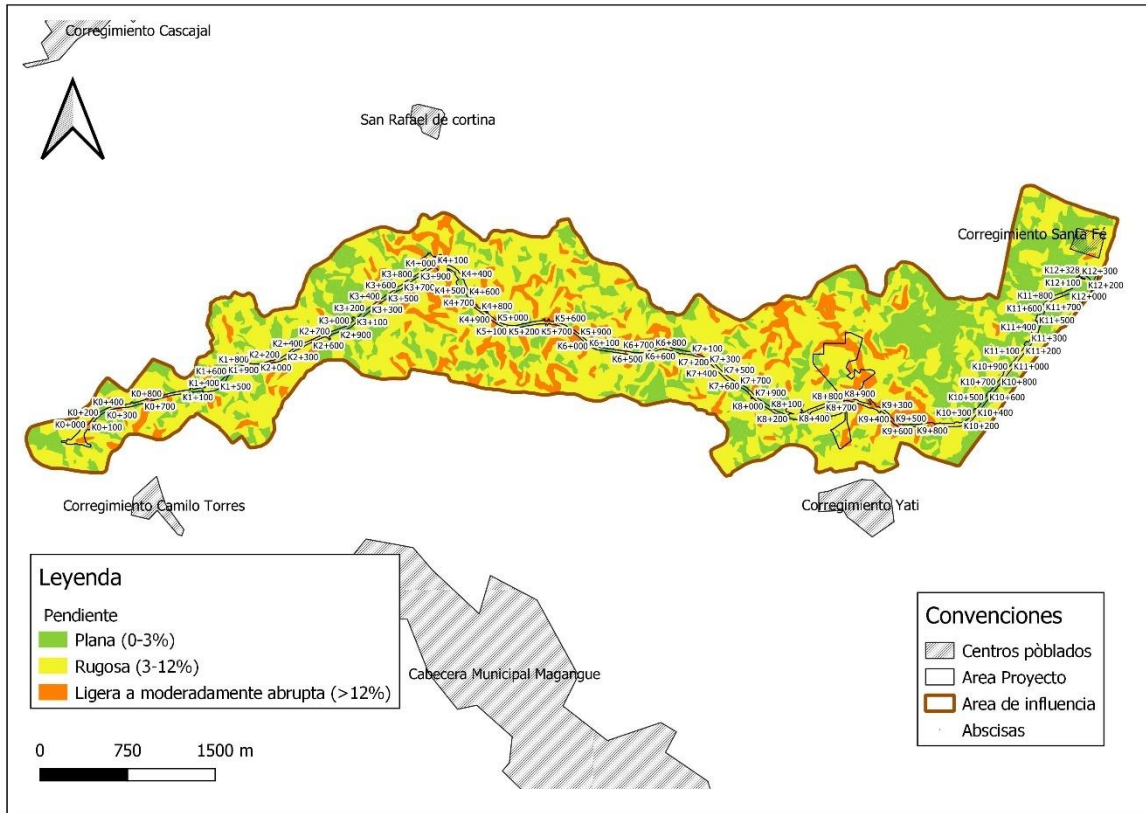


Fuente: SGC; 2015.

- **Pendientes**

La zona del trazado, como se muestra en la figura siguiente, presenta un dominio de inclinaciones entre los 1° a 16° con laderas planas a moderadamente abruptas según la clasificación del SGC (2017). Los sectores de mayor gradiente están relacionados con montículos de los cerros residuales que se presentan en la zona labrados sobre el miembro inferior de la Formación Betulia (TQ1b) conformados en laderas cóncavoconvexas y en ocasiones rectas (figura 25).

Figura 25. Mapa de rangos de pendiente para el área de influencia.



Fuente: Autor.

- **Ambientes Morfogenéticos**

Teniendo en cuenta los criterios descritos y la jerarquización geomorfológica (figura 26); como resultado de la fase de fotointerpretación y el trabajo en la fase de campo se determinó la existencia de cinco (2) ambientes morfogenéticos que se muestran en la tabla 11 y corresponden a: Denudacional (D) y fluvial (F), lográndose determinar 1 elemento para el ambiente denudacional (D) y 2 para el fluvial (F).

Figura 26. Jerarquización Geomorfológica.



Fuente: SGC 2011. Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica.

Tabla 11. Ambientes morfogenéticos presentes en la zona del trazado de la variante proyectada.

Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Elemento	Acrónimo
Mega cuenca de sedimentación	Cuencas bajas del Magdalena y Cauca	Fluvial (F)	Planicie de inundación	Planicie de inundación	Planicie de inundación	Fpi
					Plano de Anegación Plano Anegadizo	Fpa
				Ciénaga	Ciénaga Permanente	Fic
		Denudacional (D)	Colinas y lomeríos	Remanentes de cerros elevados	Montículos	Dmo

Fuente: Consorcio BMC, 2023.

- **Denudacional: Montículos y ondulaciones (Dmo).**

Para el caso de estudio corresponden a áreas con elevaciones topográficas con unas alturas menores, en general menor a 50 metros sobre su nivel de base local, de morfología colinada, laderas cóncavas o convexas, suavemente inclinadas y con drenaje divergente.

Su origen está relacionado con procesos de meteorización y erosión, que se presentan en el área del caso de estudio, afectando rocas blandas o friables como los lodos arenosos, arenas conglomeráticas y conglomerados oligomícticos (figura 27).

**Figura 27. Geoforma redondeada y suave de Montículos (X: 923512; Y: 1519290)-**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Fluvial: Plano de Inundación (Fpi)**

En el área del estudio de caso, se asemejan a superficies con morfología plana, baja a ondulada y eventualmente inundables que se localizan bordeando el cauce del río Magdalena. Sus depósitos están constituidos por sedimentos finos (arcilla, limo y arena fina), que se acumulan durante los principales eventos de inundación (figura 28).

**Figura 28. Vista parcial del plano de inundación del Río Magdalena (X: 930313; Y: 1519347).**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Fluvial: Plano de Anegación (Fpa)**

En el estudio de caso, este tipo de rasgo geomorfológico, corresponde superficies casi planas e irregulares, con pendiente suave generada en áreas mal drenadas relacionada a procesos de encharcamiento temporal. Se presenta en sitios con predominio de sedimentos finos (figura 29).

**Figura 29. Vista parcial de zonas mal drenadas. (X: 921120; Y: 1518090)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Fluvial: Ciénaga permanente (Fic)**

En el estudio de caso, se asocia a una superficie cubierta por espejo de agua la cual varía o está dependiente de la dinámica del río Magdalena. Se sitúa en la parte más baja de la llanura de inundación, de forma planocóncava, con un índice de relieve muy bajo (figura 30).

**Figura 30. Ciénaga con zona pantanosa a su alrededor relacionada a la dinámica del río Magdalena. (X: 928539; Y: 1517680)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Morfodinámica**

La caracterización de los movimientos se realizó mediante la clasificación del (SGC, 2017) , en la cual se establecen los diferentes tipos de movimientos en masa que corresponden a caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo.

La definición de las condiciones de estabilidad partió de la delimitación de sitios inestables por medio de fotointerpretación y posteriores recorridos para verificación y complemento de la información.

Debido a las condiciones topográficas y de pendientes, solo se identificaron procesos erosivos relacionados a erosión hídrica superficial y a terracetas por condiciones antrópicas de uso de suelo conformadas por sobrepastoreo en las laderas y cimas redondeadas de los montículos de la zona. Espacialmente, ambos procesos erosivos se sitúan de forma dispersa identificando 14 zonas con terracetas (figuras 31 y 32) y una zona con surcos y laminación la cual, debido a las dimensiones presentadas, no es cartografiable a la escala de trabajo.

Es importante mencionar que los procesos se restringen a la Formación Betulia lo cual está ligado a las condiciones geomorfológicas de la unidad.

**Figura 31. Surcos conformados por erosión hídrica superficial en montículos labrados en roca sedimentaria blanda de la Formación Betulia (TQ1b) (X: 928502; Y: 1517630).**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

**Figura 32. Terracetos por sobrepastoreo desarrollados en las geoformas onduladas (X: 926223; Y: 1518445)**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Unidades de paisaje**

Un paisaje se define como el resultado de la interacción de los componentes climático, litológicos, morfológico, hídrico, cobertura de la tierra y algunos aspectos antrópicos.

Las unidades de paisaje se basan en el análisis de la geomorfología, el clima y cobertura de la tierra.

En la tabla 12, se describen las unidades de paisaje del área de influencia del proyecto, de acuerdo con las características ambientales del área de influencia descritas en el documento.

**Tabla 12. Unidades de paisaje en el área de influencia.**

Clima	Geoforma	Cobertura de la Tierra	Gran Paisaje
Cálido seco a húmedo.	Montículos y ondulaciones denudacionales y Glacis	Pastos limpios; pastos arbolados; Jagüey y tejido urbano discontinuo	Altiplanicie
	Terrazas de acumulación	Vegetación Secundaria; pastos enmalezados, red vial, Jagüey	Llanura aluvial de desborde
	Llanura de inundación	Cuerpos de agua; Mosaico de Pastos y cultivos; tejido urbano discontinuo	
	Ciénagas	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	

**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

De acuerdo con la tabla anterior, en el área de influencia del proyecto se presentan dos unidades de Gran paisaje, uno predominante denominado “llanura aluvial de desborde” con sus formas típicas de relieve, como son:

- Ciénagas: cuerpos de agua con extensión variable y forma irregular.
- Barras longitudinales: conformadas por cuerpos de arenas y gravas localizados dentro del lecho del río.
- Llanura de inundación: superficie plana, baja e inundable.
- Planos anegadizos: superficies con forma cóncava a plana, con pendiente suave e inundable en épocas de invierno.
- Complejo de orillares: son depósitos como resultado de las condiciones morfodinámicas del río en la zona cóncava de un meandro, constituidos principalmente por materiales de texturas arcillosas y arcillo-limosas.
- Terrazas de acumulación: que conforman superficies planas con leve inclinación como resultado de la dinámica fluvial del río Magdalena, constituidos por gravas, gravillas, arenas y arcillas.

Otra Unidad de Gran paisaje denominado de Altiplanicie, conformado por lomas denudaciones.

En estas unidades de Gran Paisaje se distinguen 3 unidades de paisaje cartografiables con características propias y que se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13. Unidades de Paisaje**

Gran Paisaje	Unidades del Paisaje
Altiplanicie	Lomas denudacionales
Llanura aluvial de desborde	Llanura Aluvial
	Ciénagas

**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**



- **Lomas denudacionales**

En el caso de estudio, corresponde al paisaje formado por las zonas más altas, donde se evidencia procesos de erosión, cubiertos por pastos limpios en un gran porcentaje, algunos pastos arbolados; tejidos urbanos discontinuos (fincas) y presencia de Jaguey y la vía existente por donde ira el corredor (figura 33).

**Figura 33. Unidad de paisaje de lomas denudacionales**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Llanura aluvial**

Corresponde a la zona baja de inundación, asociada con el mosaico de pastos y cultivos y donde hay presencia de desarrollo urbano discontinuos (figura 34).

**Figura 34. Unidad de Paisaje de Llanuras aluviales**



**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Ciénagas**

Conformado por un complejo de dos ciénagas de: Las Pavas, Guamalito y Rincón Grande localizadas entre el casco urbano de Magangué y Yati, hacen parte del complejo de la Ciénaga Grande; y las ciénagas de: El Pelú y La Candelaria, ubicadas al costado sur del sector de Santa Fe, estas hacen parte del complejo Cascajal - Cortinas (figura 35).

**Figura 35. Unidad de paisaje de Ciénagas**

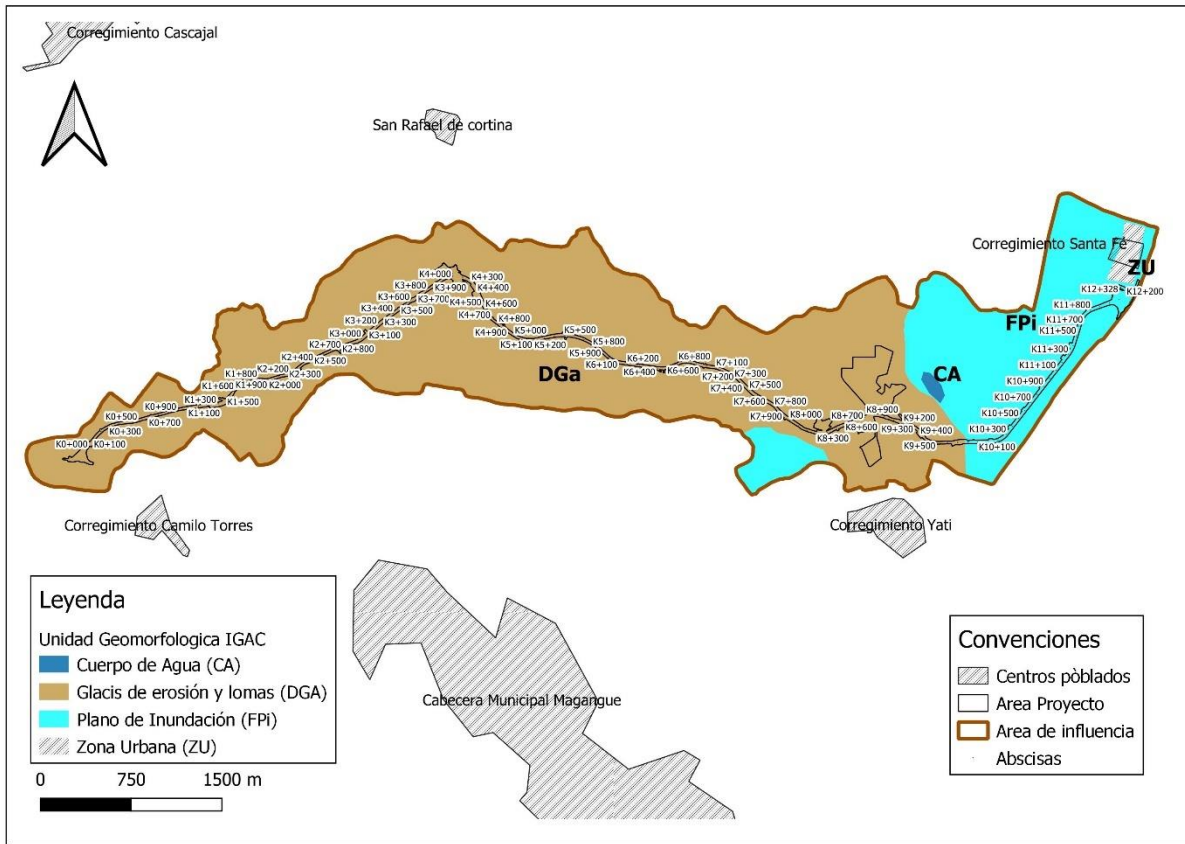


**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

- **Cartografía de unidades geomorfológica acorde a datos nativos del IGAC.**

En la figura 36, se muestra el mapa de unidades geomorfológicas conforme a los datos nativos abiertos del IGAC, que se consideró para el cruce cartográfico de la susceptibilidad a inundación.

**Figura 36. Unidades geomorfológicas IGAC.**



Fuente: IGAC (<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>).

### 9.1.5. Coberturas utilizadas para la susceptibilidad a la inundación.

La cartografía de las coberturas que se retoma de la caracterización biótica del EIA del proyecto, se obtuvo por medio de sensores remotos como imágenes satelitales y ortofotos, con un control de campo respectivo, utilizando la Metodología Corine Land Cover (IDEAM,2010), para la clasificación de las mismas.

En la tabla 14, se referencian los tipos de coberturas en función de su capacidad de absorción del agua ante la ocurrencia de un evento inundable, entendiéndose que para las coberturas de cuerpos de agua la capacidad de absorción es muy baja debido a que el agua es desplazada por acción de una corriente adyacente.

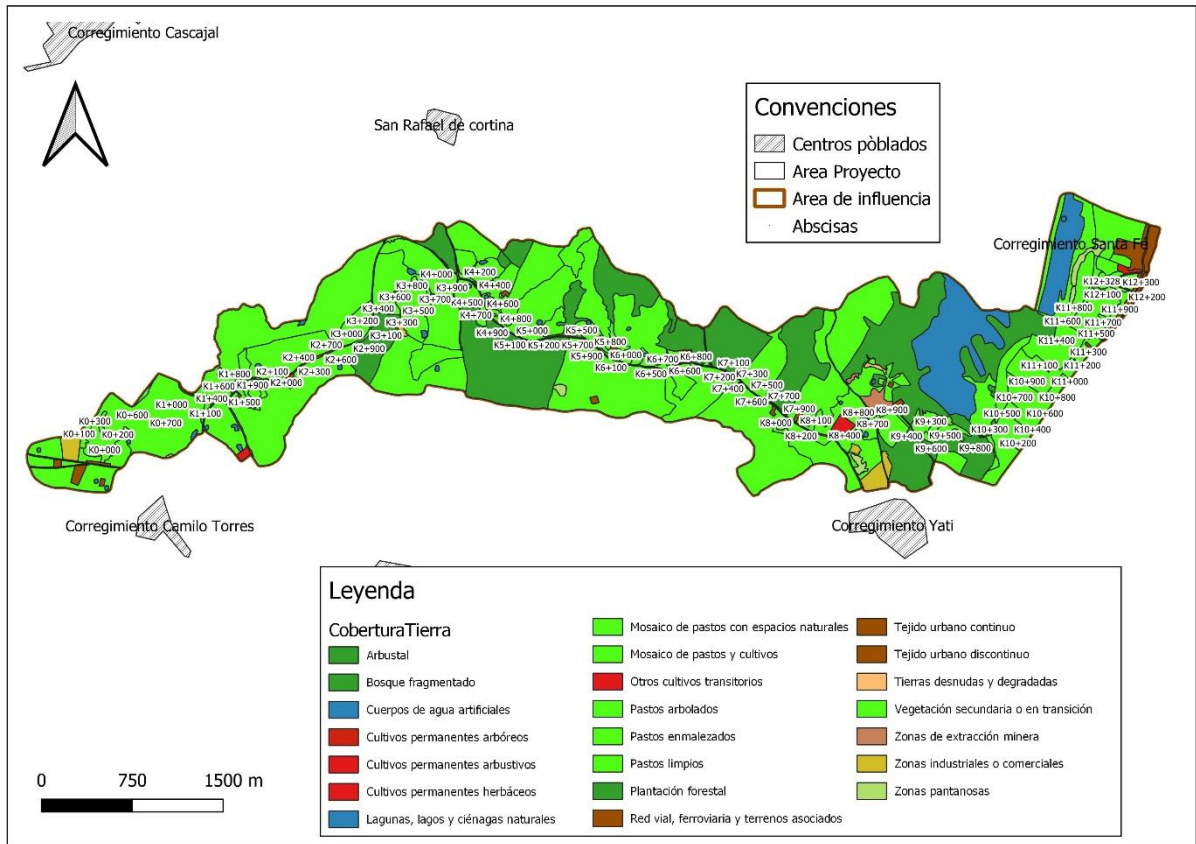
De igual manera en la figura 37, se incluye el mapa de coberturas resultante.

**Tabla 14. Valoración de cobertura en función de su capacidad de absorción**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Capacidad de absorción de la cobertura</b>	<b>Calificación en peso para la susceptibilidad a la inundación</b>
111	Tejido urbano continuo	Media	2
112	Tejido urbano discontinuo	Media	2
121	Zonas industriales o comerciales	Media	2
122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Media	2
131	Zonas de extracción minera	Media	2
211	Otros cultivos transitorios	Media	2
221	Cultivos permanentes herbáceos	Media	2
222	Cultivos permanentes arbustivos	Media	2
223	Cultivos permanentes arbóreos	Media	2
231	Pastos Limpios	Media	2
232	Pastos Arbolados	Media	2
233	Pastos Enmalezados	Media	2
242	Mosaico de pastos y cultivos	Media	2
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	Media	2
313	Bosque fragmentado	Alta	1
315	Plantación forestal	Alta	1
322	Arbustal	Alta	1
323	Vegetación secundaria o en Transición	Baja	2
333	Tierras desnudas y degradadas	Baja	2
411	Zonas pantanosas	Muy baja	4
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Muy baja	4
514	Cuerpos de agua artificiales	Muy baja	4

**Fuente: Autor.**

Figura 37. Coberturas obtenidas para el área de influencia.

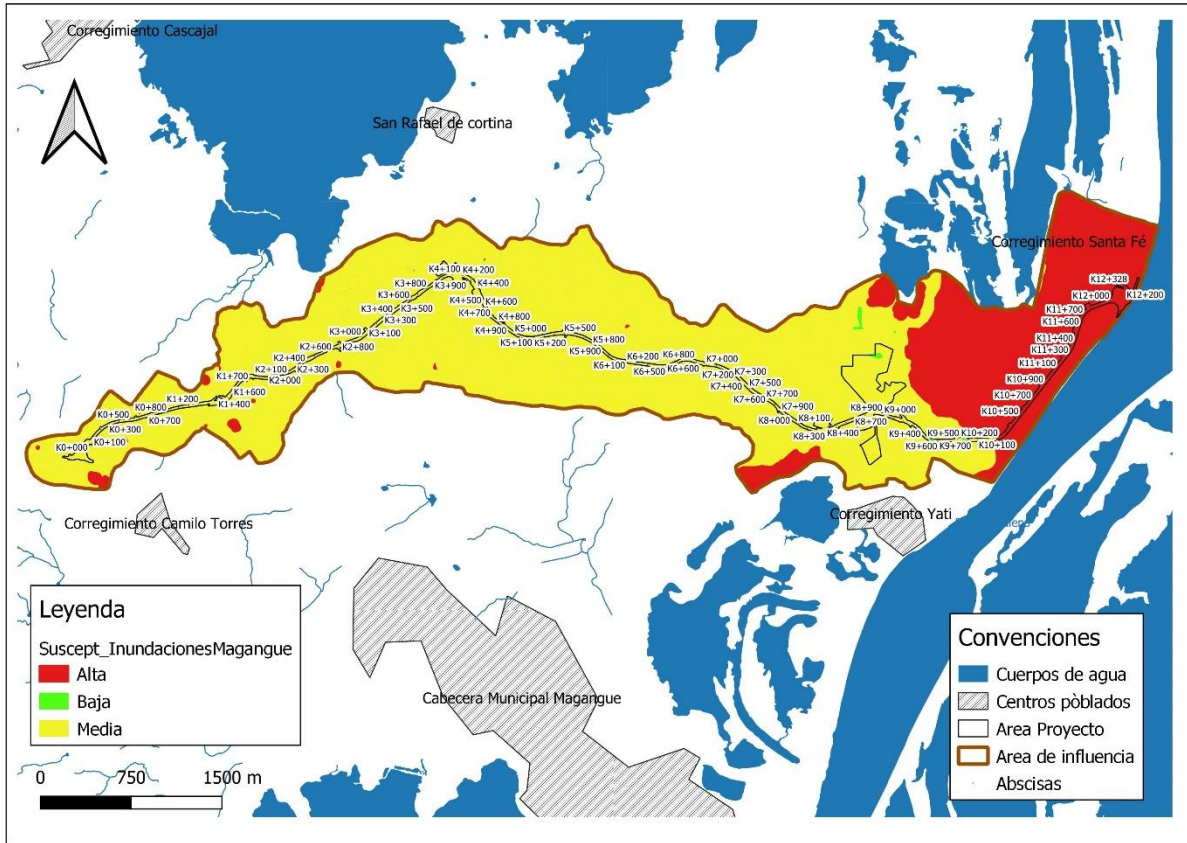


Fuente: Autor.

### 9.1.6. Resultados del análisis de la zonificación de la susceptibilidad por inundaciones.

Una vez implementada la metodología reseñada en el numeral 8.1, por medio del sistema de información geográfica y considerando la caracterización de los componentes de geología, suelos, geomorfología, pendientes, hidrología y de coberturas, previamente relacionada para área de influencia del proyecto, se obtuvo la zonificación integral de la susceptibilidad por inundación y se obtuvieron los siguientes resultados para el área de influencia del proyecto piloto (ver figura 38 y tabla 15).

Figura 38. Mapa de susceptibilidad por inundaciones.



Fuente: Autor.

Tabla 15. Resultado de la zonificación por susceptibilidad a inundación, para el área de influencia del proyecto.

Grado	Intervalo	Área(ha)	Ocupación
Susceptibilidad baja	0-14	3,47350553	0,24%
Susceptibilidad media	14-28	1122,66192	76,87%
Susceptibilidad alta	>28	334,329018	22,89%

Fuente: Autor.

## 9.2 Resultados Objetivo 2.

Una vez obtenidos los resultados de la susceptibilidad a la inundación, a continuación se realiza un análisis tanto de los insumos utilizados, como también de los resultados obtenidos, en función del alcance definido dentro del estudio de impacto ambiental (EIA), considerando los lineamientos establecidos dentro de la metodología planteada que corresponden principalmente al Decreto 1066 de 2015, los términos de referencia M-M-INA-02 Versión No 2 (2015), y la MGPEA

2018, en los cuales se pueda establecer un marco de referencia asociado a la necesidad de incorporar información que aporte al conocimiento de las variables climáticas relacionadas con la exacerbación de eventos de inundación de cara a la adaptación al cambio climático y la variabilidad climática.

### **9.2.1 Análisis de la caracterización de los insumos utilizados para el análisis de la susceptibilidad a la inundación.**

En función de la caracterización presentada en el numeral 9.1, como también considerando las obras y actividades planteadas para realizar el trámite de solicitud de licencia ambiental, a continuación se discrimina el análisis de los criterios técnicos que se consideraron como factores condicionantes, para el cálculo de la susceptibilidad a la inundación y los que deben tener en cuenta, para instituirse como referentes metodológicos que se deben incorporar a los instrumentos técnico-normativos vigentes previamente reseñados, en aras de dar herramientas de conocimiento más concretas a los usuarios que elaboran los EIA en los que dentro de los Planes de Contingencia o Planes de Gestión del Riesgo, se identifiquen amenazas por inundación, considerando la variabilidad climática y la adaptación al cambio climático.

- **Geología y Suelos**

Conforme a la caracterización presentada en el numeral 9.1, se puede indicar que dentro del componente de geología se identifica una diferencia en las unidades geológicas aflorantes de edad terciaria (Miembro Inferior de la Formación Betulia) y cuaternaria (Depósitos aluviales y lacustres), relacionadas con tamaños de grano, espesores, disposición estructural, texturas y características de isotropía estratigráfica.

Estos contrastes geológicos que se diferencian en superficie, se extrapolan a manera de unidades de suelos, que posteriormente se vinculan dentro del análisis de susceptibilidad a la inundación haciendo un énfasis en los rangos de suelo asociados a su capacidad infiltración.

Si bien esta caracterización es válida para los primeros centímetros de los horizontes de suelo más superficiales, así como para las fases más tempranas de los periodos de inundabilidad de las formaciones geológicas, es necesario incorporar un componente hidrogeológico dentro de los factores condicionantes de la inundación, en el cual a partir de los modelos elaborados con atributos como la permeabilidad y la porosidad, entre otros, se pueda tener un conocimiento del subsuelo a una mayor profundidad, el cual permita conocer comportamiento del terrenos en periodos más tardíos y prolongados de inundación, tal como se presenta dentro de la zona de estudio.

La inclusión de este componente hidrogeológico, también es importante ya que permite establecer una correlación de los ciclos del agua tanto en el subsuelo, superficie, así como de la atmósfera, siendo esta última donde se involucran patrones de precipitación y temperatura, con los que se diferencian los diferentes escenarios de cambio y variabilidad climática.

- **Cuerpos de agua**

Si bien dentro de la metodología utilizada se utilizan buffers en los que se considera la distancia a cuerpos hídricos como lagunas, ciénagas y cauces, como un factor condicionante de inundación, es preciso mencionar que como se muestra en el capítulo 7 donde se incluye la relación de las obras y actividades solicitadas la cuales se contemplan dentro de la demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales para el proyecto, se contempla la ocupación permanente y temporal de 28 cauces que serán objeto de intervención para obras como box coulvert y circulares principalmente, para los cuales se realizaron cálculos para su diseño, que contemplan variables como como las que se muestran a continuación (tabla 16).

**Tabla 16. Resultados relevantes de caudales para periodos de retorno de 20 años.**

Cuenca	Abscisa	Área (ha)	C	Tc	M	Q diseño
				(min)	(mm)	(m <sup>3</sup> /s) Tr=20
ODT11	K1+200,000	55.97	0.50	30.60	94.88	8.24
ODT14	K2+765,000	95.94	0.50	42.60	97.08	12.00
ODT15	K3+085,000	138.19	0.50	22.20	98.54	23.99
ODT16	K3+808,000	11.16	0.50	27.60	98.40	1.74
ODT17	K3+930,000	2.43	0.50	15.00	98.44	0.51
ODT20	K4+540,000	8.68	0.50	16.29	98.89	1.76

**Fuente: Consorcio BMC, 2023.**

Donde,

- Q: Caudal punta para un determinado período de retorno (m<sup>3</sup>/s).
- C: Coeficiente de escorrentía.
- i: Máxima intensidad media en e) l intervalo de duración Tc (mm/h), calculada con la ecuación (1) para el valor de M de cada cuenca.
- Área: Superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).
- Tr: Periodo de retorno.

En virtud de lo previo y a pesar de que la implantación de estas obras se realizará en los márgenes de estos cuerpos de agua, es también pertinente indicar que las dimensiones propuestas para estas obras en su mayoría transversales al proyecto, así como los caudales proyectados dentro del dimensionamiento hidráulico que se realizó para un periodo de retorno de 20 años, que se presenta en la tabla anterior, se puede concluir que los resultados de los caudales estimados, que corresponden a caudales máximos, no son relevantes para ser incorporados dentro del análisis de la amenaza de la inundación.



Lo previo hace alusión a que, estas magnitudes son relativamente bajas y en el caso de que se genere un aumento en los volúmenes del agua, asociado a fenómenos climáticos extremos, estos cauces serían rebosados en su totalidad y dado que la conexión hidráulica de estos drenajes con los cuerpos lénticos es temporal (la red hidrológica no es constante), las manchas de inundación que se establezcan, estarían más condicionadas por variables asociadas a los picos de precipitación que se presenten en el área, características geomorfológicas, así como de la capacidades de infiltración de los suelos susceptibles a la inundación.

De igual manera en el caso de que se utilicen estas estimaciones de caudales de  $T_r=20$  años, estas solo considerarían la variabilidad climática, dado que los escenarios de cambio climático, se establecen a partir de periodos de retorno superiores a los 30 años.

No obstante, lo previamente analizado, para el sector oriental del proyecto donde se localiza la margen occidental del cauce del Rio Magdalena, si fuese importante conocer el comportamiento dinámico del cauce en diferentes periodos de retorno, sin embargo esta modelación no estaría dentro del alcance del proyecto, dado que no se incorpora solicitud de ocupación de cauce relacionada con este cuerpo de agua.

- **Pendientes y Geomorfología**

Si bien la variable pendiente corresponde a un atributo imprescindible dentro del análisis de la susceptibilidad a la inundación, es importante tener en cuenta que cuando se presenten rangos de pendiente poco diferenciados como es el caso de este proyecto donde no se superan los  $16^\circ$  de inclinación, se hace necesario que el atributo orientación de la pendiente se incluya dentro de la valoración de los pesos asignados

En cuanto a la geomorfología se puede indicar que no existe objeción con respecto al enfoque que se dio a la caracterización de la susceptibilidad, dado que se incorporan características como la morfodinámica y la morfogénesis, así como de las unidades geomorfológicas que se incluyen dentro de la sumatoria espacial de temáticas, no obstante es necesario evaluar el peso que se ponderó dentro de la matriz de factores condicionantes, dado que otras categorías de factores condicionantes, presentan mayor relevancia dentro del análisis de susceptibilidad a la inundación como los del componente de geología y suelos.

- **Coberturas**

Si bien dentro de la caracterización de las coberturas, se trató de discretizar la caracterización orientándose a la capacidad de amortiguación intrínseca que tienen las coberturas caracterizadas para amortiguar y retener el avance de los frentes de inundación, es necesario que se especifiquen aspectos relacionados con propiedades intrínsecas de las coberturas que aportan al conocimiento del comportamiento de las mismas ante los eventos de inundación, como profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y número de estratos.

### **9.2.2 Análisis de los resultados obtenidos de la susceptibilidad a la inundación**

En cuanto a los resultados obtenidos, en función de la cartografía de la susceptibilidad a la inundación, se establece que gran parte de la zona de estudio presenta una susceptibilidad media

a inundaciones con un 76,87% de ocupación en el área, seguida por las áreas de susceptibilidad alta con un 22,89% del área, y zonas de susceptibilidad baja con tan solo un 0,24% de ocupación en la zona de estudio.

Las zonas de susceptibilidad alta a la inundación, están concentradas principalmente al este de la zona, en las cercanías del río Magdalena y los sistemas lenticos presentes en el área, su cercanía a los cuerpos de agua, su geomorfología de llanura de inundación y sus bajas pendientes son los factores principales que condicionan la susceptibilidad de estas zonas.

Las áreas asociadas a susceptibilidad media a la inundación, incumben sectores aledaños y cuerpos de agua lénticos que presentan variaciones de nivel en el tiempo.

En cuanto a los sectores que presentan susceptibilidad baja a la inundación, se concluye que pertenecen a montículos relicto de formaciones geológicas terciarias aflorantes.

Finalmente, una vez analizados de manera integral, tanto los insumos como los resultados de la zonificación de la susceptibilidad a la inundación, se pueden establecer pueden las siguientes afirmaciones.

- Si bien dentro de los Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión No 2, la MGPEA y el Decreto 2157, dentro de los PDC o PGR, no se solicita explícitamente incluir un análisis predictivo de la inundación, elaborado a partir de una modelación hidráulica, si es necesario involucrar este insumo para determinar la amenaza por inundación en diferentes tiempos de retorno superiores a 5 años, para de esta manera considerar la incidencia de los fenómenos de variabilidad y cambio climáticos.
- No obstante, la afirmación anterior, es preciso también indicar que dentro del alcance técnico proyectado dentro de este documento, no está contemplado realizar obras en las que se pretenda intervenir cuerpos hídricos de extensión importante como el río Magdalena.
- Ahora bien para de alguna manera dar respuesta a estos dos argumentos planteados con anterioridad, es pertinente indicar que las afectaciones derivadas de los diferentes eventos de inundación que se presenten al proyecto durante su construcción y operación, son ajenas al proyecto debido al incipiente nivel de intervención en los cuerpos hídricos que se tiene proyectado, como se mencionó dentro del análisis de los insumos temáticos, por ende el conocimiento temporal y espacial de este tipo de fenómenos considerando los efectos climáticos, debe ser responsabilidad de los entes que administran el territorio.

### 9.3 Resultados Objetivo 3.

Si bien en los instrumentos que se relacionan con la adaptación al cambio climático como el Plan Nacional de Cambio Climático (PNACC), las guías para la formulación e implementación de los planes integrales de gestión del cambio climático y la Tercera Comunicación del Cambio

Climático, se definen líneas estratégicas que se pueden adoptar para el monitoreo, prevención y mitigación de los eventos asociados al cambio climático y la variabilidad climática, entre los que se incluyen los fenómenos de inundación, dentro de los Términos de Referencia M-M-INA-02

Versión No 2, la MGPEA-2018 y el Decreto 2157 de 2017, no se hace referencia a las acciones de monitoreo y reducción del riesgo que se implementarán para la exacerbación de los eventos de inundación que se pueda generar por efecto del cambio climático y la variabilidad climática.

Aun así, considerando el contexto previo, en los numerales siguientes se incorporan medidas de monitoreo y reducción del riesgo que están dentro del alcance del solicitante de la licencia ambiental y que de alguna manera responden a las líneas de acción generales propuestas en los instrumentos de adaptación al cambio climático y variabilidad climática relacionadas con antelación.

### **9.3.1 Monitoreo del riesgo.**

Este subproceso de la gestión del riesgo se convierte en uno de los principales componentes que se implementan en aras de prevenir y mitigar las posibles consecuencias, sucesos finales, daños y/o afectaciones ante la inminente materialización de los escenarios de riesgo, más aun cuando las condiciones de riesgo para el caso de la inundación puedan ser exacerbadas por aumentos en la precipitación derivados de fenómenos climáticos relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático.

En armonía con lo dispuesto en el Decreto 2157 de 2017, el monitoreo permite realizar un seguimiento del comportamiento de los escenarios de riesgo en el tiempo y ajustar el proceso de conocimiento del riesgo en función de la dinámica constructiva y operativa del proyecto.

Es también importante tener en cuenta que dada la existencia de escenarios de riesgo que se puedan materializar por causas exógenas al proyecto, la implementación de todas las actividades de monitoreo del riesgo, no es de entera responsabilidad del consorcio constructor, como es el caso de los eventos de inundación, a pesar de que la empresa realiza intervenciones en algunos márgenes de cauces y otros cuerpos de agua, las causas de la ocurrencia de las inundaciones como se indicó dentro del conocimiento de este escenario de riesgo, se asocia principalmente a el desbordamiento de los cuerpos lóticos y lénticos por aumento en las precipitaciones.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, a continuación, se relacionan actividades, parámetros, variables, procedimientos y herramientas para el monitoreo no solo para posibles sucesos de inundación sino también para otros eventos amenazantes que también se relacionan con variaciones climáticas como es el caso de la amenaza cerámica y los vendavales (tabla 17).

**Tabla 17. Aspectos y actividades que se tienen en cuenta para las actividades de monitoreo de escenarios de riesgo asociados a eventos hidro-climatológicos.**

Escenario de riesgo	Actividades o protocolos del monitoreo	Parámetros, variables o procedimientos de notificación, equipos, instrumentos o herramientas utilizadas en el monitoreo.	Periodicidad y/o frecuencia
Inundaciones Amenaza cerámica - vendavales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar seguimiento constante a las alertas tempranas emitidas por el Consejo Municipal y Departamental para la Gestión del Riesgo</li> <li>• Consulta de alertas, alarmas y/o datos climatológicos provenientes de entidades como el IDEAM, entidades locales y la comunidad.</li> <li>• Mediciones y seguimiento del nivel de los cauces por parte del consorcio, entidades regionales y la comunidad.</li> <li>• Mecanismos de alertas tempranas que se implementen en las partes altas de las cuencas y reportes de represamiento de cauces aguas arriba.</li> <li>• De ser posible, mantener en permanente observación el comportamiento del fenómeno cerámico amenazante en el área de estudio del proyecto por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de precipitación y/o otras variables climáticas, registrados en estaciones pluviométricas, climatológicas, etc. mediciones de caudales (aforos) y variaciones de nivel de los cuerpos de agua con mayor potencial de afectación a los elementos expuestos.</li> <li>• A parte de las variables climáticas se considerarán los reportes de aumento en el nivel de los cauces que se realicen por parte de entidades locales, por la comunidad y por parte del consorcio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo constante por parte de las Entidades oficiales encargadas y la consulta en los portales se puede hacer cada vez que se requiera, así como monitoreo del consorcio por parte del personal operativo a los eventos contingentes que se presenten asociados a precipitaciones y descargas eléctricas.</li> <li>• Cada vez que se reciban reportes de alerta de aumento en la pluviosidad por parte de las entidades locales o que se evidencien fluctuaciones importantes en los niveles de los cuerpos de agua.</li> </ul>

Escenario de riesgo	Actividades o protocolos del monitoreo	Parámetros, variables o procedimientos de notificación, equipos, instrumentos o herramientas utilizadas en el monitoreo.	Periodicidad y/o frecuencia
	medio de un detector de tormentas portátil y las posibles afectaciones dependiendo de las prioridades de protección definidas en el Plan de Gestión del Riesgo.		

Fuente: Autor.

### 9.3.1 Reducción del riesgo.

La reducción del riesgo tiene como función principal la puesta en marcha y ejecución de las acciones dirigidas a modificar o disminuir las condiciones de riesgos existentes, *“la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo, con el fin de evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de que el riesgo llegara a materializarse, garantizando su cabal cumplimiento y cumpliendo las políticas, reglamentaciones y lineamientos de las normativas vigentes (Decreto 2157 de 2017)”*.

La gestión del riesgo asociado a fenómenos hidrometeorológicos extremos de variabilidad climática y cambio climático, se apoya en la identificación de las medidas de reducción del riesgo relacionadas con la adaptación a articulada con la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

En armonía como se referencia en el Decreto 2157 de 2017, *“la intervención correctiva tiene como objetivo reducir el nivel de riesgo existente a través de acciones de mitigación, con el fin de reducir o disminuir las condiciones de amenaza cuando sea posible y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, mientras que la prospectiva busca garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo y se concreta a través de acciones de prevención, que impiden que las personas y los bienes lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos, se disminuyan las pérdidas o se propenda por la sostenibilidad de las entidades (Decreto 2157 de 2017)”*.

De manera general, a continuación se proyectan estudios y otras medidas de reducción del riesgo prospectivas y correctivas aplicables a eventos de inundación y otros eventos climáticos, que están dentro del alcance de las actividades solicitadas en el marco de la solicitud de la licencia ambiental, y que se puedan generar por la agudización de escenarios climáticos, medidas que se armonizan con el componente adaptación al Cambio Climático y variabilidad climática, acorde a las políticas y lineamientos emanados por los instrumentos nacionales de esta temática (tabla 18).

**Tabla 18. Relación de medidas de reducción el riesgo asociadas a eventos hidrometeorológicos asociadas al alcance del proyecto**

Escenario de riesgo	Medidas prospectivas y correctivas de reducción del riesgo
Inundaciones, Amenaza cerámica - vendavales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulta periódica a la información proveniente de IDEAM, UNGRD, Consejos Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD), Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) y Entidades Operativas, sobre condiciones de riesgo que se puedan presentar durante las temporadas de lluvia.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración, adopción y socialización de Estudios hidrológicos e hidráulicos, Plan de gestión recurso hídrico,</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y mantenimiento de obras de manejo de aguas superficiales como cunetas, canales, disipadores, box-culvert, zanjas de coronación, diques, entre otras.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantación y mantenimiento de obras de manejo de aguas subsuperficiales y abatimiento del nivel freático como drenes horizontales – sub-horizontales, filtros y lloraderos.</li> </ul>

**Fuente: Autor.**

Finalmente es preciso indicar que frente a la ocurrencia de eventos de inundación se ha identificado que en el área de influencia del proyecto se han implementado medidas asociadas a la implantación de diques, vallados, así como de reforestaciones en los cauces para mitigar los efectos de la inundación.

No obstante estas medidas de reducción del riesgo en mención, se han desarrollado por parte de estamentos locales como la alcaldía municipal de Magangué, en convenio con otras entidades, por lo cual no se incluyen dentro de las que se implementarán por parte del constructor en el marco del proyecto, esto no quiere decir que el responsable del proyecto no pueda llevar a cabo este tipo de medidas, las cuales en el caso de que se llegasen a implementar, se realizarán con los debidos permisos y diligencias avalados, tanto por la administración municipal así como por las entidades ambientales.

#### **9.4 Resultados Objetivo 4.**

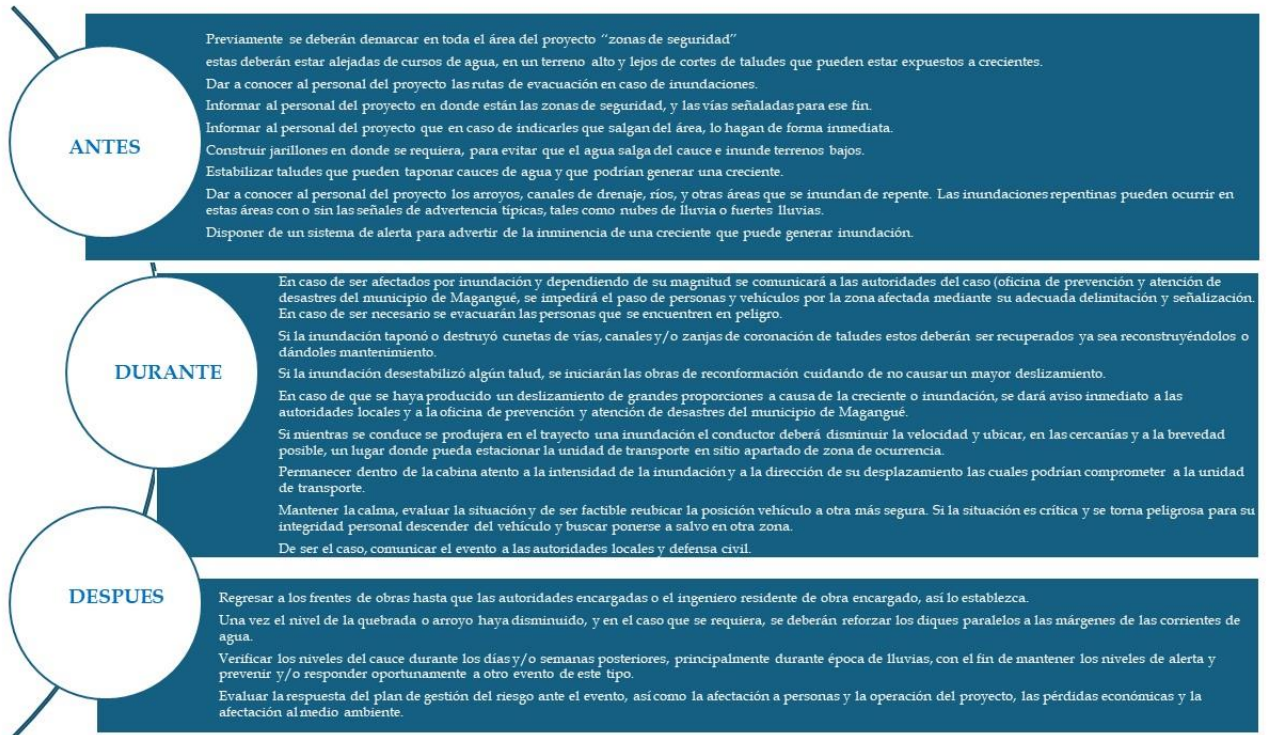
Reafirmando lo analizado dentro de los numerales 9.3.1 y 9.3.2, donde se concluye que en función de los análisis de la susceptibilidad a la inundación presentados, los eventos de inundación corresponden a eventos externos que para el caso de este proyecto piloto, no se asocian a las actividades constructivas que se plantean para el proyecto, a continuación se desglosan los lineamientos que se deben adoptar para la atención, manejo y recuperación por parte del constructor en lo relacionado con la materialización de eventos de inundación, que puedan afectar a las obras y actividades solicitadas en el marco de la solicitud de la licencia ambiental, en armonía con el alcance normativo estipulado en el Capítulo 6..

- Instituir mecanismos de comunicación con los entes territoriales de gestión del riesgo para coordinar acciones de respuesta ante la ocurrencia a inundaciones.

- Establecer acuerdos o planes de ayuda mutua con entidades de respuesta a emergencia y otras entidades que tengan presencia en el territorio, así como con otras empresas que operen en el área del proyecto.
- Socializar el plan de Gestión del Riesgo o Plan de Contingencia del proyecto, con comunidades, consejos municipales del riesgo, entidades de respuesta y demás organizaciones que puedan apoyar contingencias o desastres asociados a la inundación que se presenten el área de influencia del proyecto.
- Armonizar con entes locales de respuesta a emergencia, procedimientos de comunicación atención, reporte de daños y recuperación ante la ocurrencia de eventos de inundación.
- Apalancar el fortalecimiento y consolidación de los instrumentos de gestión del riesgo territoriales como los Planes Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) y las Estrategias Municipales de Respuesta a Emergencias (EMRE), incorporando no solo con los lineamientos previamente reseñados del componente de manejo de la contingencia o el desastre, sino también con los relacionados con los procesos de conocimiento, monitoreo y reducción del riesgo.

En este mismo sentido en la figura 39, se incluye el procedimiento de prevención, preparación y respuesta, ante una emergencia por inundaciones en el área de proyecto

**Figura 39. Procedimiento de prevención, preparación y respuesta ante una emergencia por inundaciones en el área de proyecto.**



Fuente: Adaptado de Consorcio BMC, 2023.



## 10. Conclusiones

Una vez alcanzados y documentados los objetivos planteados, a continuación, se presentan las conclusiones, acorde al cumplimiento de los 4 objetivos planteados.

### 10.1 Conclusiones objetivo 1.

Las unidades geológicas a escala local que afloran en el área de influencia del proyecto corresponden al Miembro Inferior de la Formación Betulia, depósitos aluviales y depósitos lacustres.

En cuanto a las unidades de suelo caracterizadas en el área de influencia, se incluyen los glacia de erosión, las lomas y plano de inundación.

Los rangos de pendiente identificados en el área de influencia no superan los 12° de inclinación.

Dentro de las unidades geomorfológicas asociadas a ambientes aluviales y denudacionales que se localizan en el área de influencia del proyecto, se reconocen los glacia de erosión y lomas, los cuerpos de agua y los planos de inundación.

Debido a las condiciones topográficas y de pendientes que se presentan en el área de influencia, solo se identificaron procesos erosivos relacionados a erosión hídrica superficial y terracetos.

En lo relacionado con unidades de paisaje se identificaron unidades de antiplanicie y llanura aluvial de desborde.

En lo asociado con la caracterización hidrográfica del área de influencia del proyecto, de acuerdo con la clasificación del IDEAM, esta se localiza en el área hidrográfica del Magdalena, zona Bajo Magdalena- Cauca - San Jorge, sub-zona Bajo San Jorge - La Mojana, microcuenca Caño El Chorro, siendo el cuerpo de lóxico de mayor relevancia el río Magdalena.

En cuanto a los sistemas lénticos identificados sobresalen las ciénagas de: Las Pavas, Guamalito, Rincón Grande, El Pelú y La Candelaria.

### 10.2 Conclusiones objetivo 2.

Las zonas de susceptibilidad alta a la inundación, están concentradas principalmente al este de la zona de estudio, en las cercanías del río Magdalena y los sistemas lénticos presentes en el área, su cercanía a los cuerpos de agua, su geomorfología de llanura de inundación y sus bajas pendientes son los factores principales que condicionan la susceptibilidad de estas zonas.

Las áreas asociadas a susceptibilidad media a la inundación, incumben sectores aledaños y cuerpos de agua lénticos que presentan variaciones de nivel en el tiempo.

En cuanto a los sectores que presentan susceptibilidad baja a la inundación, se concluye que pertenecen a montículos relicto de formaciones geológicas terciarias aflorantes.

Con respecto a de los caudales calculados, se concluye que son relevantes para ser incorporados dentro del análisis de la amenaza de la inundación, dado que estas magnitudes son relativamente bajas y en el caso de que se genere un aumento en los volúmenes del agua, asociado a fenómenos climáticos extremos.

Se concluye que las afectaciones derivadas de los diferentes eventos de inundación que se presenten al proyecto durante su construcción y operación, son ajenas al proyecto debido al incipiente nivel de intervención en los cuerpos hídricos que se tiene contemplado, por ende el conocimiento temporal y espacial de este tipo de fenómenos considerando los efectos de la variabilidad climática así como de la adaptación al cambio climático, debe ser responsabilidad de los entes que administran el territorio.

### **10.3 Conclusiones objetivo 3.**

Con respecto al subproceso de monitoreo del riesgo es importante aclarar que en función de los aspectos normativos y técnicos previamente abordados, la responsabilidad de implementar estos procedimientos y actividades de monitoreo del riesgo relacionadas con los fenómenos de inundación, no son de entera responsabilidad del ente responsable de la vía, más cuando estos eventos puedan ser exacerbados por las condiciones de alta precipitación derivadas de los fenómenos climáticos extremos.

En relación con el proceso de reducción del riesgo, se evidencia que en el área de influencia del proyecto se han implementado medidas estructurales asociadas a la implantación de diques, vallados, así como de reforestaciones en los cauces para mitigar los efectos de la inundación, no obstante esto no quiere decir que el responsable del proyecto no pueda llevar a cabo este tipo de medidas, las cuales en el caso de que se llegasen a implementar, se realizarán con los debidos permisos y diligencias avaladas, tanto por la administración municipal así como por las entidades ambientales respectivas.

### **10.4 Conclusiones objetivo 4.**

Para el proceso de manejo de la contingencia o desastre se plantearon lineamientos relacionados con: Implementación de mecanismos de comunicación con entes territoriales de gestión del riesgo, establecimiento de acuerdos de cooperación o planes de ayuda mutua con entidades que tengan presencia en el territorio y con otras empresas que operen en el área del proyecto, así como el fortalecimiento los mecanismos de socialización, armonización de los planes de contingencia, como también el apoyo para la consolidación y fortalecimiento de los instrumentos de gestión del riesgo locales como el PMGRD y la EMRE.

## 11. Recomendaciones

Dentro del proceso de mejora continua y una vez presentados los resultados y conclusiones, a continuación, se incluyen las siguientes recomendaciones.

- Con referencia al componente de geología - suelo, y acorde con las características de inundabilidad que se presentan en el área de influencia del proyecto, es necesario incorporar un componente hidrogeológico dentro de los factores condicionantes de la inundación, dado que este aparte hidrogeológico permite establecer una correlación del nivel freático en la interacción subsuelo - superficie y dependiendo de las condiciones de permeabilidad - porosidad, el análisis hidrogeológico permitiría conocer el comportamiento de las formaciones geológicas una vez estas se saturan o se sequen, acorde a los patrones de precipitación y temperatura, que se plantean para los escenarios de cambio y variabilidad climática.
- Para las coberturas, es necesario que se especifiquen dentro de los análisis de susceptibilidad a la inundación, aspectos relacionados con propiedades intrínsecas de las coberturas que aportan al conocimiento del comportamiento de estas, ante los eventos de inundación, como profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y número de estratos.
- En cuanto a la incorporación de modelaciones hidráulicas para determinar la amenaza por inundación considerando el factor detonante de precipitación, es importante analizar el grado de intervención de los cuerpos hídricos que se tiene proyectado, ya que para el caso de este piloto se identificó que no era relevante considerando las dimensiones, anchos y caudales estimados de los cauces.

Finalmente es de vital importancia que la empresa durante todas las fases constructivas y de operación del proyecto formule e implemente todo el componente programático del plan de contingencias, en lo asociado a eventos de inundación por medio de la ejecución de ejercicios de socialización y armonización del plan con las comunidades, estamentos e instrumentos de gestión del riesgo territoriales, así como con los demás grupos de interés.

## 12. Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Magangué, Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 “MAGANGUÉ progresa, educada, comunal e incluyente”.
- Acuerdo de París, (2015). Acuerdo de París. *Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático (CMNUCC)*.
- Bebeselea, Adriana (2022). The Relevance of Enterprise Risk Management Methodologies to European Project Funding Calls: The Case of Grant "Performance and Excellence in the Field of Environment and Renewable Energy through Modern Cluster Entities. *International Journal of Operations and Production Management*.
- Bosher, Lee (2007). Integrating disaster risk management into construction: a UK perspective. *Building Research and Information*.
- Botello, F (2022). Propuesta para la implementación de una sala de crisis (GRED) para la gestión del riesgo de emergencias y desastres en la empresa pública o privada. Trabajo de grado para optar al título de especialista en prevención, reducción y atención de desastres, Universidad Católica de Manizales.
- Calderon, P. (2019). Los planes de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas (decreto 2157 de 2017), un análisis desde la perspectiva de la seguridad y salud en el trabajo, se aborda la gestión del riesgo de desastres desde el ámbito de la seguridad y la salud ocupacional, identificando los responsables de la formulación de los PGRDEPP. Trabajo de grado para optar al título de especialista en prevención, reducción y atención de desastres, Universidad Católica de Manizales
- Congreso de La República de Colombia. Ley 1523 del 24 de abril 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.
- Consorcio BMC, 2023. Estudio de Impacto Ambiental realizado para la solicitud de licencia ambiental del proyecto: “Mejoramiento, Gestión Predial, Social y Ambiental Sostenible, mediante la Construcción de la Variante Magangué (Camilo Torres – Puente Santa Lucia), Contrato Invias 2257 de 2021.
- Corporación Osso, 1996. Desinventar on line. <https://www.desinventar.org/>
- Díaz & Vásquez, 2022. Incorporación del Cambio Climático en los Estudios de Proyectos de Obra de Infraestructura Vial Primaria en Colombia. Caso de Estudio: Tramo Uramita - Dabeiba de la Vía Troncal de Urabá, Antioquia. Universidad El Bosque.
- Decreto 2157, 2017. *Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012*. 20 de diciembre de 2017.

- Departamento Nacional de Planeación (DNP), (2020), Metodología para Evaluar Riesgos 2. Caja de herramientas para inversiones resilientes.
- Franco R. et al. (2023). Metodología para captura de datos y caracterización en estudios de valoración cualitativa multiamenaza en corredores viales. Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia, contribuciones locales, regionales y nacionales.
- Gander, Philippa Helen (2011). Fatigue risk management: Organizational factors at the regulatory and industry/company level. *Accident Analysis & Prevention*.
- IDEAM, 2010, Metodología Corine Land Cover.  
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>
- IDEAM, PNUD, 2015. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.
- IDEAM, 2012. Publicación N° 203 Enero de 2012.
- Ideam, 1978. Resolución 337 "Por la cual se adopta un sistema de codificación para las estaciones meteorológicas".
- McShane, M. K., & Kapp, G. J. (2018). Risk Management for Public Entities. *Journal of Risk and Insurance*.
- Klijn, Frans (2015). Adaptive flood risk management planning based on a comprehensive flood risk conceptualisation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.
- Marino L. Eyerkauffer (2016) . Public and private partnership in disaster risk management : original research. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*.
- Fidler, C., & Reddy, S. R. (2016). Responsibility and liability in emergency management to natural disasters: A Canadian example. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Mojtahedi, Mohammad (2017). Critical attributes for proactive engagement of stakeholders in disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Miniambiente, Minihacienda y Fondo de Adecuación, 2014. Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, del Proyecto de Formulación e Implementación de Acciones de Ordenamiento Ambiental del Territorio en las Cuencas Hidrográficas Afectadas por el Fenómeno de la Niña 2010-2011, como una Estrategia para la Reducción de las Nuevas Condiciones de Riesgo del País.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector de ambiente y desarrollo sostenible.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Ley 2169, 2021 por medio de la cual se determinan Metas en materia de Adaptación al Cambio Climático.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, (2015). Resolución 0751.

Ministerio de Trabajo de Colombia, Decreto 1347 del 26 de octubre de 2021, por el cual se adiciona el capítulo 12 al título 4 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1072 de 2015, decreto único reglamentario del sector trabajo, para adoptar el Programa de Prevención de Accidentes Mayores – PPAM.

Presidencia de la República de Colombia. Decreto 2157 del 20 de diciembre 2017, por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012.

Raikes, Jonathan (2019). Pre-disaster planning and preparedness for floods and droughts: A systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.

Sarmiento, Juan Pablo (2015). Private sector and disaster risk reduction: The Cases of Bogota, Miami, Kingston, San Jose, Santiago, and Vancouver. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.

Servicio Geológico Colombiano, (2015). *Plancha 53 municipio de Magangue*.

Servicio Geológico Colombiano, (2017). Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia.

Varnes, D. J, (1958). Landslide types and processes. *Landslides and engineering practice*, 24, 20-47.

Vidal Mattos, A. P, (2022). Delimitación de zonas susceptibles a inundación para el ordenamiento territorial del municipio de Valencia, departamento de Córdoba.

Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Decreto 1868 del 27 de diciembre de 2021, por el cual se adopta el plan nacional de contingencia frente a pérdidas de contención de hidrocarburos y otras sustancias peligrosas y se adiciona el capítulo 7 al título 1 de la parte 3 del libro 2 del decreto 1081 del 2015, Decreto Reglamentario del Sector Presidencia de la República.

Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, (1998-2020), Consolidado de emergencias. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/documents/forms/allitems.aspx?rootfolder=%2Fdocuments%2Fconsolidado%2Demergencias&folderctid=0x012000c6852e3770f39c4ebd2cf8e152f751f>.



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia  
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad  
*Dominicas de La Presentación*  
de la Santísima Virgen

*Universidad Católica de Manizales*  
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia  
PBX (6)8 93 30 50 - [www.ucm.edu.co](http://www.ucm.edu.co)