ANÁLISIS DE RIESGOS

INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES

NOVIEMBRE DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA 9
2.1. Aspectos sociales detectados por el DANE 9
2.2. Climatología 10
2.3. Hidrografía 13
2.4. Vegetación 13
2.5. Bosque seco 14
2.6. Monte espinoso tropical (me-T) 14
2.7. Ecosistemas 15
3. GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO 15
3.1. Geoestructuras y ambientes morfogenéticos 16
3.2. Paisajes, atributos de paisajes y tipos de relieves 17
4. GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO 22
4.1. Rocas metamórficas 22
4.2. Evolución Geológica y Geología Estructural 22
4.3. Amenazas naturales de origen Geológico de la zona del proyecto 24
4.4. Amenaza Sísmica: 25
4.5. Amenaza por Movimientos en Masa: 25
4.6. Diagnósticos Escenarios de Riesgos en la Cuenca. 26
4.7. Por Remoción en Masa 26
4.8. Por Inundación 27
5. OBJETIVOS 28
5.1. Objetivo General 28
5.2. Objetivos Específicos 28
5.3. Alcance del Estudio. 29
5.4. Planificación de las Acciones a Seguir. 29
5.5. Recopilación de información primaria y secundaria. 29
6. GEOTECNIA LOCAL 30
6.1. Río Manzanares 31
6.1.1. Exploración de Campo 31
6.1.2. Ensayos De Laboratorio 31
6.1.3. Descripción Del Perfil Estratigráfico 32
6.1.4. Parámetros Geotécnicos 32
6.1.5. Conclusiones y Recomendaciones 33
6.2. Río Gaira 34
6.2.1. Exploración de Campo 34
6.2.2. Ensayos de Laboratorio 34
6.2.3. Descripción del perfil estratigráfico 38
6.2.4. Parámetros geotécnicos 38
6.2.5. Conclusiones y recomendaciones 39
7. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA 40
7.1. Río Manzanares 40

7.1.1. Análisis hidrológico del área de estudio 40
7.1.2. Análisis hidráulico e implementación del modelo matemático 42
7.2. Río Gaira 45
7.2.1. Análisis Hidrológico 45
7.2.2. Análisis hidráulico e implementación del modelo matemático 47
8. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS 49
8.1. Metodología para la Evaluación del riesgo que presentan el Proyecto INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALE**S**, de ser impactadas negativamente por los fenómenos de inundación por desbordamiento y/o encharcamiento. 49
8.2. Metodología para determinar el nivel de riesgo de afectación que se presenta por inundación por desbordamiento. 50
8.2.1. Metodología para determinar el nivel de amenaza de inundación de tipo desbordamiento. 51
8.3. Metodología de Análisis de la amenaza de Inundación por Desbordamiento 52
8.3.1. Análisis de amenaza de inundación por desbordamiento según caudales arrojados por la modelación, caudales arrojados para las diferentes creciente 52
8.4. Metodología para la evaluación local de la vulnerabilidad por inundación de tipo desbordamiento. 54
8.5. Metodología para la evaluación local del nivel de riesgo de afectación por inundación por desbordamiento. 57
8.5.1 Metodología para la Evaluación del riesgo que presentan para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES de ser impactadas negativamente por los procesos de socavación. 59
8.6. Determinación del nivel de amenaza local por socavación lateral. 60
8.6.1. Determinación del nivel de vulnerabilidad local por socavación lateral de los cuerpos de agua. 60
8.6.2. Metodología para la evaluación local del nivel de riesgo de afectación por socavación lateral. 61
8.7. Metodología o aspectos a tener en cuenta para el planteamiento de recomendaciones para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, desde la perspectiva del nivel de riesgo. 62
8.8. Metodología Implementada para la Evaluación y Selección de Alternativas . 65
8.8.1. Diseño de las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo. 65
8.8.2. Selección de la Alternativa para mitigar el riesgo 66
8.9. Metodología Implementada para el planteamiento de los lineamientos para el manejo de las contingencias. 71

9. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO QUE PRESENTAN LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES POR INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO..... 71
9.1. Evaluación local de la Amenaza de inundación por desbordamiento. 71
9.2. Análisis de Resultados de Desbordamiento de los cuerpos de agua, los caudales arrojados por la Modelación de Simulación para diferentes crecientes 72
10. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO QUE PRESENTAN LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, DE SER AFECTADOS POR EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN POR ENCHARCAMIENTO. 72
10.1. Evaluación local de la amenaza de inundación por encharcamiento. 72
11. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, DE SER IMPACTADAS NEGATIVAMENTE POR LOS PROCESOS DE SOCAVACIÓN LATERAL DE LA QUEBRADA..... 74
11.1. Determinación del nivel de amenaza local por socavación lateral. 74
11.2. Determinación del nivel de vulnerabilidad local por socavación lateral..... 74
11.3. Análisis del área de estudio por socavación..... 75
12. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS. 76
12.1. Diseño de las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo. 77
13. LINEAMIENTOS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 90
13.1. Descripción de elementos para plan de contingencia 91
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 91
15. BIBLIOGRAFÍA..... 93

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la zona de estudio, Santa Marta, Magdalena 8
Ilustración 2. Tipo de vivienda. 9
Ilustración 3. Temperatura de Santa Marta. 11
Ilustración 4. Distribución espacial de la temperatura en el departamento del Magdalena. 11
Ilustración 5. Precipitación de la ciudad de Santa Marta. 12
Ilustración 6. Humedad relativa de la ciudad de Santa Marta. 12
Ilustración 7. Brillo solar de la ciudad de Santa Marta. 13
Ilustración 8. Vegetación de la formación monte espinoso tropical al sur de Santa Marta. 15

Ilustración 9. Esquema jerárquico y multicategórico del sistema geomorfológico aplicado a suelos (Zinck, 1987). Modificado Zinck, 1987. 16
Ilustración 10. Modelo digital de elevación del departamento del Magdalena, en donde se observan las dos geoestructuras: Cordillera y Megacuenca de sedimentación. 18
Ilustración 11. Montaña fallada, sector parte alta del municipio de Ciénaga. 19
Ilustración 12. Modelo de elevación digital con las Unidades de Paisaje del departamento del Magdalena. (Escala de Trabajo: 1:100.000). 21
Ilustración 13. Provincias Geotectónicas del Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, modificado de Tschanz and others, 1969. 23
Ilustración 14. Mapa de amenazas sísmica zona del proyecto. 25
Ilustración 15. Clasificación remoción en masa. 26
Ilustración 16. Zonificación sísmica según los valores de aceleración y amenaza sísmica relativa. 27
Ilustración 17. Afectación por inundación ciudad de Santa Marta. 28
Ilustración 18. Imagen satelital Localización de Sondeos del río Manzanares. 31
Ilustración 19. Ubicación geográfica de los sondeos realizados en el Río Gaira. 34
Ilustración 22. Localización estación sobre la Cuenca del Rio Manzanares. 40
Ilustración 23. Caudales Máximos en la cuenca del Rio Manzanares 41
Ilustración 24. Sección de Diseño Trapezoidal (Modelo Hec Ras) 43
Ilustración 25. Tramo en 3D entre la carrera 4 y desembocadura (Modelo Hec Ras) . 44
Ilustración 26. Perfil Hidráulico del Modelo para Tramo entre Cra 4 y Desembocadura 44
Ilustración 27. Ubicación de la estación Universidad Técnica Magdalena. 45
Ilustración 28. Ubicación de la estación Minca. 46
Ilustración 29. Sección transversal río Gaira ABS K0+000 (Modelo Hec Ras) 47
Ilustración 30. Sección transversal del puente ubicado ABS K0+200. Sección final. (Modelo Hec Ras) 48
Ilustración 31. Sección transversal río Gaira ABS K0+625 (Hec Ras 4.0) 48
Ilustración 32. Perfil Hidráulico del Modelo para el río Gaira 48
Ilustración 42. Esquema General para la Evaluación del riesgo. 50
Ilustración 43. Diamante Definido para la Evaluación del Vulnerabilidad de los elementos que 55
Ilustración 44. Matriz para definición del Riesgo que las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, de sufrir un impacto negativo por causa de un evento de inundación provocado por fuertes precipitaciones 59
Ilustración 45. Zona Susceptible a inundación Amenaza BAJA según IDEAM 74
Ilustración 46. Geología de la zona del proyecto 75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de paisaje y tipos de relieve del departamento del Magdalena. 21
Tabla 2. Caudales Máximos Cuenca del Rio Manzanares 41
Tabla 3. Precipitaciones Máximos Estación Aeropuerto Simón Bolívar 42

Tabla 4. Precipitaciones Máximos Estación Universidad del Magdalena..... 42
Tabla 5. Caudales Máximos Cuenca Rio Manzanares..... 44
Tabla 6. Estaciones utilizadas para determinar el estudio hidrológico 45
Tabla 7. Resumen de los caudales de la estación Limnigráfica Minca. 46
Tabla 8. Resumen de los caudales de la estación pluviométrica Universidad Tec. Magdalena 46
Tabla 9. Caudales Máximos Cuenca río Gaira 49
Tabla 16. Niveles de Amenaza por desbordamiento. 53
Tabla 17. Categorización de la amenaza por desbordamiento de cauces menores 54
Tabla 18. Definición de Criterios para la definición de la Vulnerabilidad. 55
Tabla 19. Tabla de Descripción del Nivel de Vulnerabilidad de cada elemento que conforma las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales. 57
Tabla 20. Combinaciones con niveles del riesgo que resultan de la matriz de riesgo. 59
Tabla 21. Criterio ara la calificación del nivel de vulnerabilidad por socavación lateral. 61
Tabla 22. Porcentaje de Perdidas (PP) de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, afectadas después de la materialización de un fenómeno amenazante. 67
Tabla 23. Criterios definidos para la evolución de las Alternativas Propuestas. 69
Tabla 24. Criterio para definir el Nivel de Impacto Ambientales de las Alternativas Planteadas. 71
Tabla 25. Riesgo de socavación del área de estudio. 76
Tabla 26. Resumen de las Alternativas Propuestas para el Proyecto. 77
Tabla 27. Calificación de Criterios sobre las alternativas planteadas para mitigar el riesgo. 90

1. INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG, en cumplimiento de sus funciones, otorgadas por la ley 99 de 1993, como máxima autoridad ambiental de su jurisdicción, le compete la protección, conservación y administración de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Entre los principios generales ambientales de esta Ley se contempla que la prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento, asimismo, en el artículo 31, numeral 23, la Corporación tiene como función realizar actividades de análisis, seguimiento, prevención y atención de desastre, en coordinación con las demás autoridades competentes, y asistirlas en los aspectos medioambientales en la prevención y atención de desastre; adelantar con las administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgos, tales como de erosión, manejo de cauces y reforestación.

Es por eso por lo que el presente documento se constituye en una herramienta de navegación la cual es una guía para actuar de forma organizada, acorde a los riesgos potenciales identificados por situaciones derivadas de la ejecución del proyecto, que incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Así mismo, se identificarán las amenazas naturales, socio-naturales o antrópicas presentes en la zona que podrían afectar el proyecto propuesto, en cuanto a su frecuencia e intensidad.

Posteriormente se analizarán y calificaran la vulnerabilidad por exposición del sitio, identificando las condiciones que le afectan, así como los criterios técnicos de fragilidad y resiliencia que se deben de considerar en el diseño, propuesta y operación del proyecto que se pretende ejecutar en el sitio analizado.

De igual forma, se priorizarán las diferentes amenazas identificadas y finalmente se determinarán e incorporarán medidas de mitigación /prevención pertinentes y necesarias para la reducción del riesgo; a fin de salvaguardar la infraestructura, los bienes que lo conformarán, así como la vida del personal, usuarios o beneficiarios del proyecto.

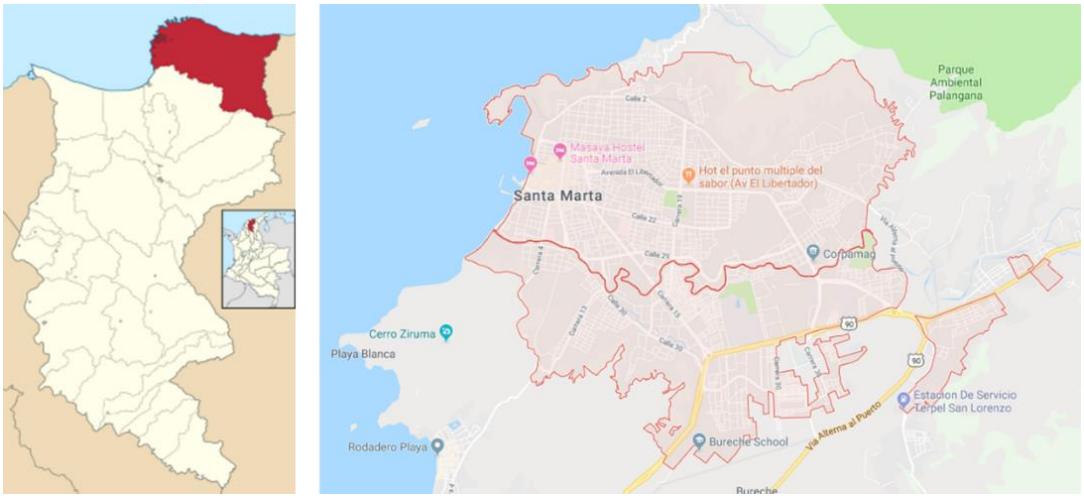


Ilustración 1. Localización de la zona de estudio, Santa Marta, Magdalena
Fuente: Adaptado de Google Maps.

Santa Marta, se encuentra a orillas de la bahía del mismo nombre sobre el Mar Caribe, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento del Magdalena. Sus coordenadas geográficas son: 11º 14’ 50” de latitud norte y 74º 12’ 06” de latitud oeste. Dista de Bogotá 992 Km; de Riohacha 166 Km y de Barranquilla 93 Km. El perímetro limita por el norte y el oeste con el Mar Caribe, por el este con el departamento de La Guajira y por el sur con los municipios de Aracataca y Ciénaga.

La altura promedio de la ciudad es de 2 msnm, pero con una diferencia de altura que va, en el territorio del municipio, desde el nivel del mar hasta los 5.775 msnm en el Pico Cristóbal Colón, que es el más elevado de toda Colombia ubicado en la Sierra Nevada de Santa Marta. (Alcaldia de Santa Marta, s.f.)

Es por lo anterior que el siguiente análisis ha sido considerado desde la etapa de formulación, a efectos de prevenir la generación de futuras condiciones de riesgo asociadas con la futura ejecución del proyecto: **“INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES”**

2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA

2.1. Aspectos sociales detectados por el DANE[1]

Se recurrió a la información difundida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE), entidad oficial responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia (DANE, 2022), en la ciudad de Santa Marta, se obtuvieron datos de los aspectos socio económicos de las familias y productores asentados en la ciudad, la cual permitió formarse un perfil de la problemática social que se vive en el sector:

- **Vivienda**

La vivienda es el satisfactor más conocido de la necesidad de hábitat que siempre ha demandado la población. Hábitat es un concepto amplio e integral que reconoce no solo a las cuatro paredes de la vivienda y sus condiciones intrínsecas, sino también a su entorno natural, social y urbano, como un solo ambiente para el desarrollo de una vida digna en su hogar y en comunidad. Las deplorables condiciones mostradas mediante el indicador NBI, deja claro que es muy alto el porcentaje de personas que adolecen de condiciones básicas en el hogar y que una de las condiciones más precarias, son las condiciones intrínsecas a la vivienda.

Según el censo del DANE del año 2022, en Santa Marta el 75,7% de las viviendas de Santa Marta son casas, el 14.1% apartamentos y el 10.2% restante se distribuye en tipos cuartos, otro tipo de viviendas y casa indígena. La Ilustración 14 muestra la información descrita:

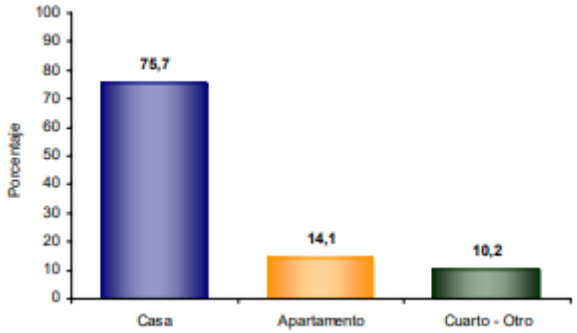


Ilustración 2. Tipo de vivienda.

- Servicios de agua potable y saneamiento básico

– Acueducto

[1] Tomado de RESULTADOS CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2018. Santa Marta

De acuerdo con información suministrada por el Essmar la cobertura de acueducto en la zona Urbana de la ciudad de Santa Marta es del 92%.

La ciudad de Santa Marta, dispone de tres fuentes de agua superficial: Río Piedras, Río Manzanares y Río Gaira y una reserva de agua subterránea que se explota a través de 22 Pozos que se ponen en funcionamiento de acuerdo a las necesidades de la época. El agua captada en las fuentes superficiales se conduce hasta las Estaciones de Tratamiento para su potabilización y posterior distribución. El operador del acueducto de Santa Marta es la empresa de servicios públicos ESSMAR.

- Alcantarillado

De acuerdo con información suministrada por el Essmar (2020) la cobertura de alcantarillado en la zona Urbana de la ciudad de Santa Marta es del 81%.

- Aseo

Santa Marta cuenta con dos empresas de aseo: La Empresa de Servicios Públicos de Aseo del distrito de Santa Marta es ESSMAR.
La información disponible sobre el servicio de aseo en Santa Marta indica la existencia de un único sitio de disposición final de residuos sólidos llamado Relleno Sanitario PARQUE AMBIENTAL 'PALANGANA'.

2.2. Climatología

- **Temperatura:**

En el departamento del Magdalena, las temperaturas varían de acuerdo con la altitud, permitiendo definir franjas o cinturones que presentan características térmicas similares, llamadas pisos térmicos.

La zona de estudio se encuentra en una zona de piso térmico cálido que va de 0 a 1.000 msnm con temperatura promedio de 27.3 ºC. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 32 y 34ºC. En la madrugada la temperatura mínima está entre 22 y 25 ºC. Durante la mayor parte del año el sol brilla en promedio más de 6 horas /día, alcanzando valores mayores a 8 horas/día en el período de diciembre a marzo. El mes con menor brillo solar es octubre con 6.5 horas/día.

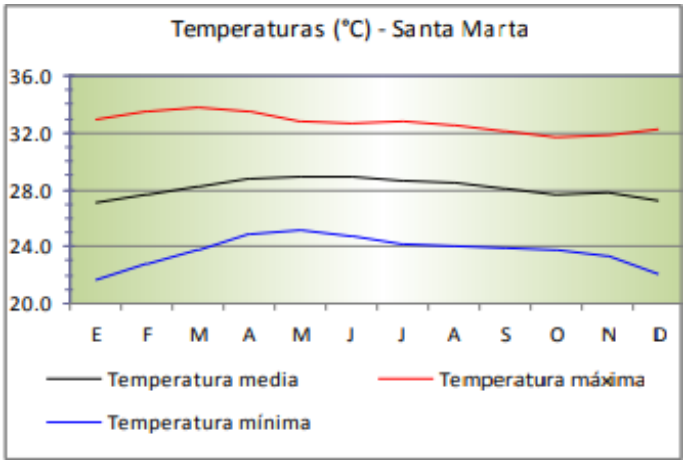


Ilustración 3. Temperatura de Santa Marta.

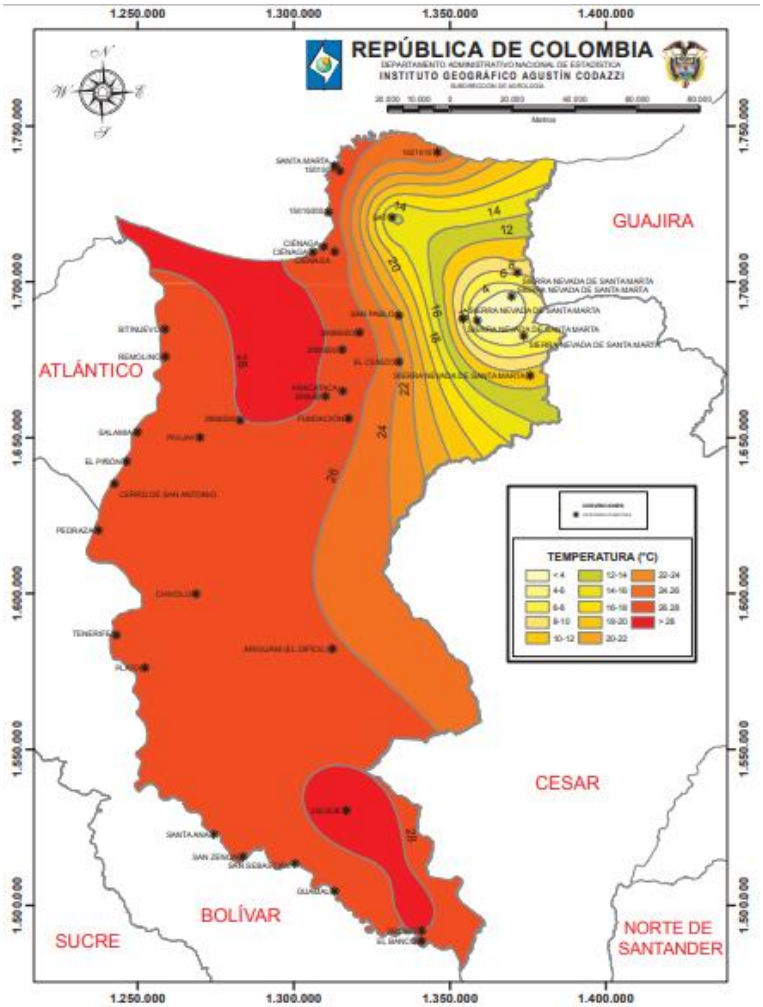


Ilustración 4. Distribución espacial de la temperatura en el departamento del Magdalena.

- **Precipitación**
  El promedio de lluvia durante el año es de 501 mm. La temporada seca se extiende de diciembre a abril. En estos meses llueve menos de 2 día al mes. De mayo a agosto las lluvias son más frecuentes y en promedio llueve entre 5 y 6 días por mes. Los meses más lluviosos son septiembre y octubre, cuando llueve entre 12 y 14 días por mes. En el mes de noviembre comienzan a disminuir las lluvias nuevamente.

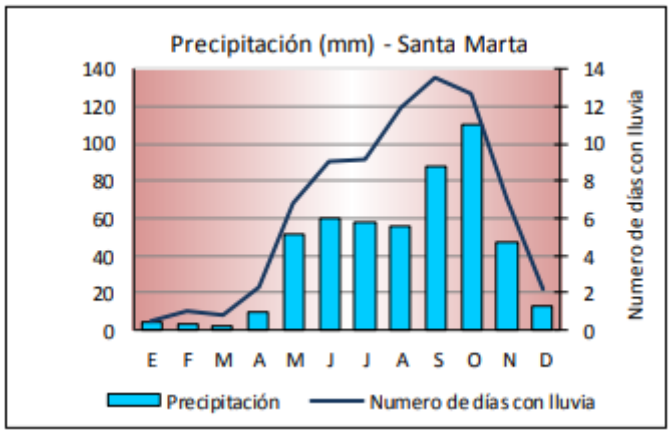


Ilustración 5. Precipitación de la ciudad de Santa Marta.

- **Humedad relativa**
  La humedad relativa del aire es menor en el primer trimestre del año. A partir de abril, la humedad se incrementa hasta alcanzar 79% en el mes de octubre.

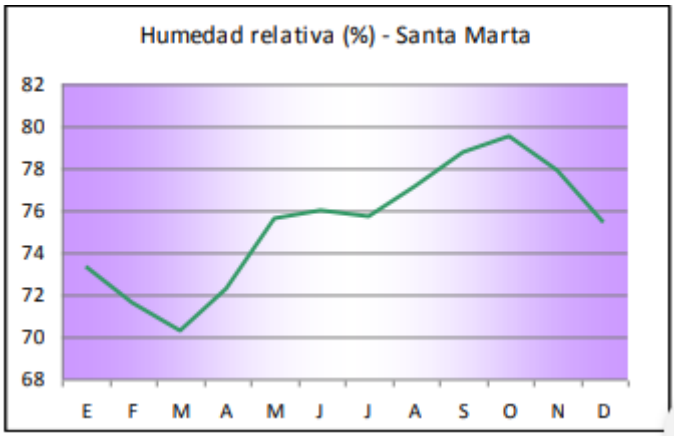


Ilustración 6. Humedad relativa de la ciudad de Santa Marta.

- **Brillo solar**[2]

  En general el brillo solar promedio varía entre 321,4 horas luz/mes y 204,9 horas luz/mes, con un promedio 3.419,9 horas luz/año, un máximo multianual de 5.066,1horas luz/año y un mínimo de 2.308,8horas luz/año de acuerdo con registros de la estación Aeropuerto Simón Bolívar. En el área de influencia de la estación San Lorenzo, se registró un promedio de 972,8 horas luz/año. El mes de mayor cantidad de horas de sol es enero y el período de menores valores se da entre mayo y septiembre.

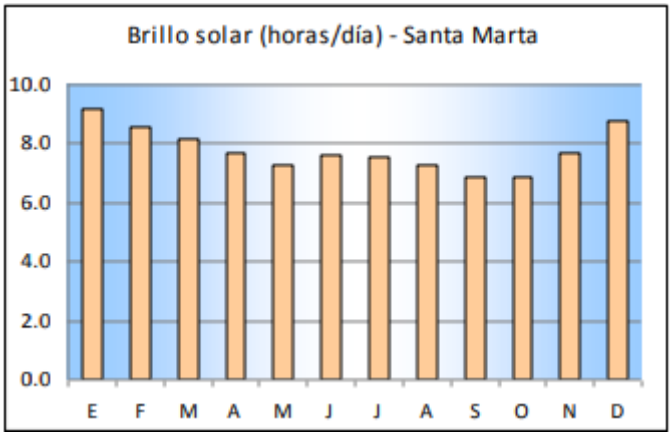


Ilustración 7. Brillo solar de la ciudad de Santa Marta.

2.3. Hidrografía[3]

- **Acuífero Manzanares - Gaira, Distrito de Santa Marta.**

Volumen estimado del acuífero 170 millones de m 3, correspondiendo un cuarto de dicho volumen al subacuífero de Gaira y el resto al subacuífero de Santa Marta con una explotación de 135 lt/s y 660 lt/s, respectivamente, en cada uno de dichos subacuíferos. La profundidad del acuífero alcanza los 114 m, siendo 34 m la profundidad promedio. Como es característico de los acuíferos de zonas costeras, se han detectado problemas de avance de cuña salina hacia el continente, lo que exige de una explotación racional en procura de su sostenibilidad en el futuro.

2.4. Vegetación[4]

La distribución de la vegetación en una zona depende de la interrelación de factores tales como el clima, el relieve, el suelo, los animales y el hombre; estos factores se encargan de reflejar e identificar el tipo de vegetación que se presenta en un área

[2] Tomado de PLAN DE ORDENAMIENTO DE MANEJO DE CUENTAS HIDROGRÁFICAS DEL RÍO MANZANARES

[3] Tomado de ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS. Departamento del Magdalena. Escala 1:100.000

[4] Tomado de ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS. Departamento del Magdalena. Escala 1:100.000

determinada. El clima es el factor más importante de la distribución de la vegetación y su influencia se manifiesta por medio de la acción de diferentes elementos tales como el agua, la luz y los vientos. El agua es imprescindible para la vida de las plantas ya que a través de ella obtienen su alimento.

2.5. Bosque seco

Es característico de las áreas más secas. Cubre las llanuras del río Magdalena inferior rodeando además la Sierra Nevada de Santa Marta al norte y al sur, y determina de una manera decisiva el aspecto del paisaje. La sequía en estas zonas es debida a la acción de los vientos alisios de este-noreste (que soplan durante los meses de diciembre hasta junio).

Espinares de arbustos espinosos Cardonales de cactáceas arboriformes. Su origen y aspecto probablemente han sido determinados en su comienzo únicamente por la falta de agua. En los dos últimos siglos se agregaron al pastoreo y otras influencias humanas. En los alrededores de Santa Marta y en la zona de Bahía Concha predominan los cardonales; como tipo de vegetación adaptado a un tipo de sequía mayor que el de los espinares, con suelos fuertemente lateríticos. Entre las especies más predominantes se pueden citar: cactáceas columniformes y cactáceas bajas, entre otras. Actualmente, estos bosques se hallan muy degradados y devastados.

2.6. Monte espinoso tropical (me-T)

Se localiza en una estrecha faja que bordea la costa Caribe desde Punta Brava, al sur de Santa Marta, hasta punta Quitasombrero en la ensenada de Neguange, en una anchura aproximada de cinco km y una longitud de 28 km (figura 2.32). Tiene como valores climáticos una temperatura media por encima de los 24°C y un promedio de lluvia anual entre 250 y 500 mm, con dos épocas marcadamente diferentes: la una en los meses de diciembre, febrero, marzo y abril, completamente seca debido primordialmente a los vientos que vienen del mar y que le dan al ambiente un sabor ligeramente salino y la otra que comprende los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre octubre y noviembre, con marcada lluviosidad en octubre debido a que los vientos alisios al encontrar en su “recorrido masas montañosas provocan enfriamientos en la masa de aire, por lo que la precipitación se hace notoriamente mayor”.

Ilustración 8. Vegetación de la formación monte espinoso tropical al sur de Santa Marta.

2.7. Ecosistemas[5]

- **Costero**

El ecosistema costero cobija las áreas costeras de los municipios de Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Ciénaga y el distrito de Santa Marta. El departamento del Magdalena cuenta con 220 km de costa sobre el mar Caribe y en ella tienen presencia un conjunto de ecosistemas de gran fragilidad. Su extensión aproximada es de 2.177 km 2 y su localización geográfica estratégica y por su atractivo natural, paisajístico e histórico facilita el desarrollo turístico, portuario, agroindustrial y comercial. Estas potencialidades pueden orientar la adopción de actividades económicas diversas que a la vez origina conflictos que inciden directamente sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general. La presencia en esta unidad de los parques naturales nacionales Salamanca, Tayrona, Sierra Nevada de Santa Marta y parcialmente el Santuario de Fauna y Flora de la CGSM permite el desarrollo de actividades recreativas y turísticas.

3. GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO[6]

La geomorfología es la ciencia que se encarga de investigar las formas del relieve de la superficie terrestre; se interesa en describirlas, profundizar en su origen y determinar su evolución a través del tiempo, así como en establecer las fuerzas, agentes y procesos responsables de la morfología actual. Tiene gran importancia en los estudios de suelos por la estrecha relación existente entre la génesis de las unidades geomorfológicas y las unidades edáficas; interviene en todas las etapas de los levantamientos de suelos, desde la fase de fotointerpretación hasta el mapeo de campo y la interpretación de la génesis y evolución de los suelos.

[5] Tomado de ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS. Departamento del Magdalena. Escala 1:100.000

[6] Tomado de ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS. Departamento del Magdalena. Escala 1:100.000

Para la descripción y clasificación de las unidades geomorfológicas en el departamento del Magdalena se utilizó el Sistema Taxonómico Multicategórico Jerarquizado de Zinck (1987), que se basa en atributos cualitativos y cuantitativos, aplicables a la topografía y a la geomorfología de la región. El sistema consta de seis categorías que van aumentando el nivel de detalle; en el presente estudio, debido a su carácter general, utilizó hasta la categoría de tipo de relieve (Ver Ilustración 9).

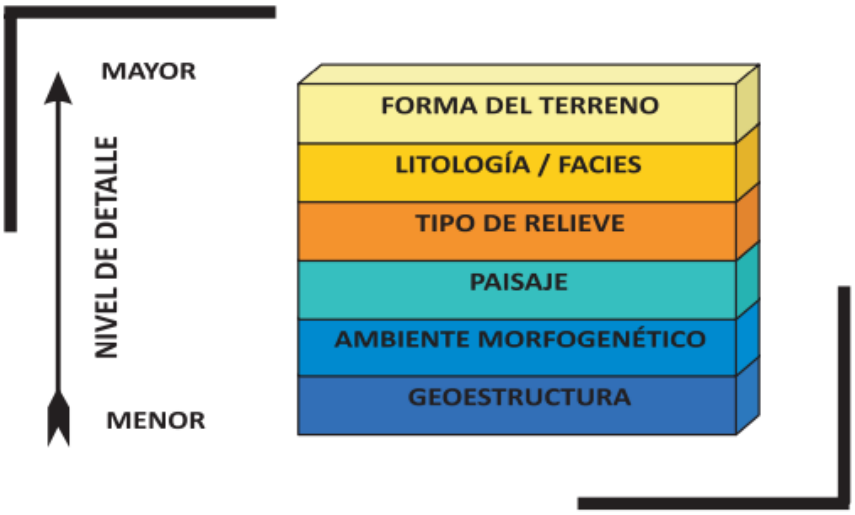


Ilustración 9. Esquema jerárquico y multicategórico del sistema geomorfológico aplicado a suelos (Zinck, 1987). Modificado Zinck, 1987.

3.1. Geoestructuras y ambientes morfogenéticos

El departamento del Magdalena se localiza en la región norte de Colombia y su relieve resulta de la complejidad geológica, de rasgos poco comunes y de la evolución tectónica que ha ocurrido en esta región, a lo largo de cientos de millones de años. Se encuentra conformado por dos geoestructuras denominadas Cordillera y Megacuenca de sedimentación. En la Ilustración 12 se observa la Cordillera hacia el NE y la Megacuenca corresponde a la parte adyacente al W (lomeríos bajos y planicies), que constituye el resto del departamento.

La Cordillera está constituida por un gran macizo rocoso que se encuentra aislado del sistema montañoso andino, denominado Sierra Nevada de Santa Marta y está localizado en la parte N-E del departamento.

Se caracteriza por presentar un ambiente predominantemente estructural, pues este complejo triangular es la consecuencia de tres orogénesis y de su ubicación en la intersección de tres principales fallas regionales (Falla Santa Marta Bucaramanga, Falla de la Oca y el Lineamiento Cesar) con la esquina N-W de Suramérica durante el

Mesozoico y el Terciario. Suplementariamente se observan procesos erosivos que le otorgan una influencia denudativa, inherente al levantamiento de este gran sistema montañoso y a los procesos de incisión propios de la red de drenaje. Presenta un área de 5.625 km 2, que equivale al 23,94% del territorio departamental.

La segunda geoestructura corresponde a la Megacuenca de sedimentación ubicada al occidente y suroccidente de la Sierra Nevada de Santa Marta y se extiende hasta el río Magdalena, cubriendo 17.870 km 2, lo que equivale al 76% del territorio departamental. En esta zona se diferencian dos grandes unidades: una región central de 8.776 km 2 (37%), que comprende todo el sistema de lomeríos, incluyendo el piedemonte y una región de extensas planicies que cubren un área de 6.800 km 2 (29%) que se encuentran ubicadas al occidente y al norte del departamento; el resto del territorio lo conforman los cuerpos de agua y los centros urbanos.

En la primera región se encuentran dos importantes cuencas: la Cuenca de la ladera suroccidental de la Sierra Nevada, con drenajes provenientes del macizo como los ríos Fundación, Aracataca y Tucurinca, que desembocan en la ciénaga Grande de Santa Marta y la cuenca del río Ariguaní, que drena las aguas que corren hacia el oriente desembocando fuera del área de estudio, en el río Cesar; en la segunda región domina la cuenca del río Magdalena, la cual incluye los drenajes del occidente que desembocan en dicho río; son frecuentes las ciénagas, lagos y lagunas en este sector. La Megacuenca está conformada por rocas sedimentarias continentales y marinas del Paleógeno-Neógeno y por extensos depósitos del Cuaternario, de origen aluvial y fluviolacustre principalmente. Se encuentran dos áreas deformacionales localizadas en el valle inferior del Magdalena (sistemas de fallamiento con orientación NE y NW) y plegamientos que originan sinclinales amplios y anticlinales estrechos de dirección NE, principalmente.

Esta megacuenca de sedimentación está directamente asociada a los procesos de depositación continental, marina y transicional que se extiende a lo largo del valle inferior del Magdalena y de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta; se encuentra condicionada tanto por la red hídrica que tributa sus aguas al mar Caribe, con una marcada erosión fluvial y por procesos de agradación asociados a la dinámica costera

3.2. Paisajes, atributos de paisajes y tipos de relieves

De acuerdo con la metodología de Zinck (1987), en el departamento del Magdalena existen cinco tipos de paisajes distribuidos dentro de las dos grandes geoestructuras, evidenciando la gran diversidad geomorfológica de la región. En la Cordillera se encuentra solamente el paisaje montaña que representa el 23.94% del departamento, mientras que en la Megacuenca de sedimentación se presenta la mayor variedad de paisajes, donde el paisaje de Lomerío representa el 36.09 % del departamento, seguido

por el paisaje de Planicies con un 24.59%, los Valles con un 4.37% y el Piedemonte con tan solo el 1.26% (Tabla 1).

A continuación, se describen cada uno de los paisajes en orden de mayor a menor extensión en el territorio y su representación se puede observar en la Ilustración 10.

Paisaje de Montaña

Se define como montaña a una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semirredondeada, redondeada o tabular y las laderas de formas regulares, irregulares o complejas presentan un declive promedio superior al 30% (IGAC, 2005).

Ilustración 10. Modelo digital de elevación del departamento del Magdalena, en donde se observan las dos geoestructuras: Cordillera y Megacuenca de sedimentación.

En el departamento del Magdalena estas condiciones se presentan al oriente, en el macizo aislado de la Sierra Nevada de Santa Marta, que se eleva desde el nivel del mar hasta los 5.775 m en sus picos nevados (Simón Bolívar y Cristóbal Colón). Aparte de configurar la montaña con mayor elevación en Colombia, otro rasgo particular que la hace única en el mundo es su posición geográfica, pues es la formación montañosa litoral de mayor altitud en el mundo. Este paisaje de montaña se extiende en un área de 5.625,10 km 2 que corresponden al 23,94% del departamento.

En términos generales se caracteriza por presentar una topografía abrupta, con pendientes fuertes (mayores del 12%), con cuchillas de dirección SW-NE que se encuentran separadas por valles paralelos y en forma de V (Ingeominas, 2003).

Esta gran unidad de montaña es el resultado de una compleja mezcla de procesos relacionados con la tectodinámica (procesos endógenos) y ha sido originada en principio por fenómenos orogénicos (levantamientos y/o hundimientos de la cordillera, plegamientos y/o fallamientos), por la intensa actividad tectónica y magmática, además del volcanismo. Posteriormente, a estos ciclos de formación, la montaña ha estado expuesta por un extenso período de tiempo a los procesos exógenos (degradacionales), como la meteorización, la erosión y en menor proporción la sedimentación que, junto con los procesos endógenos, son los responsables del modelado actual de la montaña. Teniendo en cuenta estas características, al paisaje de montaña del departamento del Magdalena se le asigna un atributo de paisaje relacionado predominantemente con su génesis: fallado, pues estas estructuras han determinado su evolución (Ver Ilustración 13)

Ilustración 11. Montaña fallada, sector parte alta del municipio de Ciénaga.

Tipos de relieve

En la unidad de paisaje de Montaña se encuentran 5 tipos de relieves (Tabla 1) donde predominan las “Filas y Vigas” y las “Lomas y Colinas” de acuerdo a su extensión, 71,85 y 24%, respectivamente. Los otros tres tipos de relieves: las Lomas, los Campos Morrénicos y los Vallecitos cubren tan solo el 8,26% del paisaje y se encuentran distribuidos de manera dispersa en la unidad. A continuación, se describe cada uno de los tipos de relieve:

- Filas y Vigas: localizadas entre 100 y 4.400 msnm con una altura relativa que varía desde 500 hasta más de 1.000 m. Su inclinación general es superior al 75%, con longitudes que varían entre 50 y 100 m de longitud, formas rectas, cimas agudas y valles en forma de v. Presenta un patrón de drenaje de tipo trellis de fallas con una densidad alta y su grado de disección es moderado.

- Lomas y Colinas: localizadas entre 0 y 1.000 msnm con una altura relativa que varía promedio de 50 y 200 m. Su inclinación general varía entre el 25 y el 50%, con 50 a 100 m de longitud, de formas complejas, cimas redondeada y valles en forma de “V”. Presenta un patrón de drenaje de tipo dendrítico con una densidad alta y su grado de disección es moderado.

- Lomas: algunas localizadas desde 500 hasta 1.400 msnm y otras con un rango más amplio que va desde los 300 hasta los 1.100 msnm. Se encuentran igualmente dos alturas relativas en función de su ubicación: entre 50 a 200 m y entre 200 a 500 m. La inclinación general de las laderas varía entre el 25 y el 50%, con 50 a 100 m de longitud, de formas complejas, cimas redondeadas y valles entre lomas en forma de “V”. Presenta un patrón de drenaje de tipo dendrítico con una densidad alta y su grado de disección es moderado.

- Campo Morrénico: localizadas a alturas superiores a los 3.000 msnm con una altura relativa que varía en promedio de 50 a 200 m. Su inclinación general varía entre el 12 y el 25 %, con 50 a 100 m de longitud, formas cóncavas, cimas redondeadas y valles en forma de “U”. Presenta un patrón de drenaje de tipo dendrítico con una densidad alta y su grado de disección es moderado.

- Vallecito: se ubican a cualquier altura, con una elevación relativa menor de 50 m. Su inclinación general varía entre el 3 y el 7%, con una longitud menor a 50 m, formas rectas y valles en forma de “V” abierta. Presenta un patrón de drenaje de tipo dendrítico con una densidad media y su grado de disección es ligero.

Procesos morfodinámicos

En la Sierra Nevada de Santa Marta, las vertientes presentan algunos focos erosivos asociados especialmente a movimientos en masa de tipo reptación, mientras que los procesos de erosión hídrica son moderados a leves. En sus partes más elevadas se encuentran evidencias de procesos depositacionales representados por los campos morrénicos. En general, predomina un grado de meteorización leve a moderado.

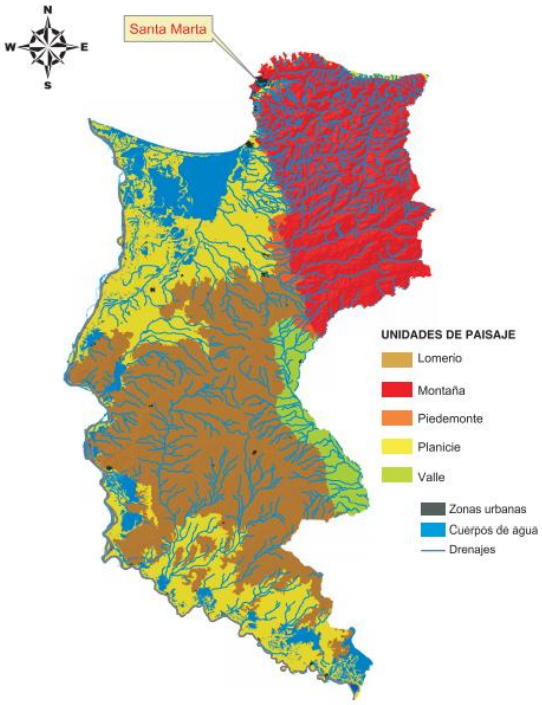


Ilustración 12. Modelo de elevación digital con las Unidades de Paisaje del departamento del Magdalena. (Escala de Trabajo: 1:100.000).

Tabla 1. Unidades de paisaje y tipos de relieve del departamento del Magdalena.

PAISAJES	Tipos de Relieves (TR)	Área (Km²)	% TR en el paisaje	% Paisaje con respecto al área departamental
MONTAÑA	Filas y vigas	4041,81	71,85	23,94
	Lomas y colinas	1350,06	24,00	
	Lomas	174,26	3,10	
	Campos morrénicos	40,05	0,71	
	Vallecitos	18,92	0,34	
	TOTAL	5625,10	100	
LOMERÍO	Lomas y ondulaciones	4087,26	48,20	36,09
	Lomas	1838,01	21,68	
	Lomas y colinas	1552	18,31	
	Vallecitos	917,19	10,82	
	Glacis de erosión-pedimento	84,04	0,99	
	TOTAL	8479,09	100	
PLANICIE	Plano de inundación	2597,30	44,96	24,59
	Terrazas	1917,30	33,19	
	Planos de mareas	859,68	14,88	
	Terrazas antiguas	400,57	6,93	
	Terrazas marinas	2,10	0,04	
	TOTAL	5776,95	100	

VALLE	Terrazas	593,71	57,77	4,37
	Planos de inundación	433,93	42,23	
	TOTAL	1027,64	100,00	
PIEDEMONTE	Abanicos-terraza	261,43	87,98	1,26
	Vallecitos	33,56	11,29	
	Abanicos y explayamiento	2,16	0,73	
	TOTAL	297,15	100	

4. GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO[7]

4.1. Rocas metamórficas

- **Cenozoico**

Esquistos de Gaira: Se localiza hacia el NE del departamento en la vía a Minca, hasta la serranía de Córdoba, región de Lourdes, Gaira y Santa Marta. Corresponde a cuerpos heterogéneos con numerosas fricciones y cizallamiento de esquistos anfibólicos densos, negros y micaesquistos, rocas ultramáficas y probablemente mármoles. Los cuerpos máficos corresponden a anfibolita masiva y pueden presentar intercalaciones delgadas de granodioritas anfibólicas y neis anfibólico. Se han formado por metamorfismo de grado medio y han sufrido metasomatismo produciendo una zona de migmatización. Edad: Paleógeno-Neógeno.

Esquistos de San Lorenzo: se encuentran en el sector de Vistanieve, serranía de Córdoba y hacia la región de San Lorenzo. Está constituida por esquistos moscovíticos, cuarcitas micáceas, esquistos cuarzofeldespáticos micáceos compactos, de grano medio, que alternan, al parecer, con cuerpos anfibólicos y grafíticos con sulfuros. Son producto de un metamorfismo regional. Edad: Paleógeno-Neógeno.

Filita de Taganga: se localizan en forma de arco a lo largo de la línea de costa entre Neguanje y Gaira. Está conformada por filitas cloríticas y sericíticas de color verde claro con una foliación pizarrosa bien desarrollada. Incluye además rocas anfibólicas de grano muy fino y talco esquistos. Algunas rocas filíticas son calcáreas. Genéticamente pertenecen a la facies esquistos verdes debido a la presencia de clorita y cuarzo. Edad: Paleógeno-Neógeno.

4.2. Evolución Geológica y Geología Estructural

La complejidad geológica y muchos rasgos poco comunes del Macizo de la Sierra Nevada resultan de su ubicación en la intersección de varias fallas regionales con la esquina N-W de Suramérica durante el Mesozoico y el Terciario. Se configura entonces un macizo aislado, triangular, de 5.700 m de altura, limitado por fallas, rodeado por

[7] Tomado de ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS. Departamento del Magdalena. Escala 1:100.000

cuencas terciarias, que consiste en tres provincias geotectónicas que han sido el resultado de tres orogénesis y de por lo menos tres periodos de fallamiento transcurrente a lo largo de fallas de dirección N70°E, N50°E, N15°W y E-W. Presentan basamentos metamórficos de edades diferentes y más de la mitad del Macizo consiste en rocas intrusivas (Ver Ilustración 15)

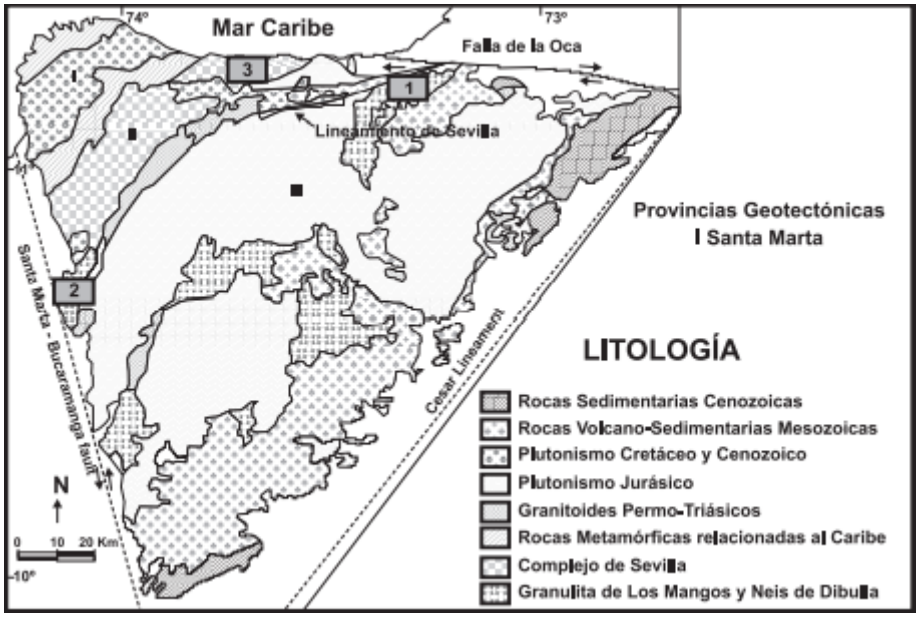


Ilustración 13. Provincias Geotectónicas del Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, modificado de Tschanz and others, 1969.

La Provincia de la Sierra Nevada tiene un basamento de granulitas del Precámbrico y representan un fragmento de la parte noroccidental del escudo de Guayana. Constituye un cratón anómalo, limitado por fallas y no fue metamorfoseado después del Precámbrico. Sin embargo, el basamento granítico fue fragmentado en dovelas de distensión por la intrusión de cuatro cuerpos de rocas ígneas.

El tercio N-W del macizo consiste de dos franjas orogénicas paralelas de dirección N-E formadas en el Pérmico (?) y el Triásico (Provincia de Sevilla) y del Jurásico Medio al Cretáceo Superior (Provincia de Santa Marta). Consisten en segmentos de rocas metamórficas desplazados con dirección N70°E, formados como acreciones en zonas de subducción en la periferia del Escudo de Guayana, pero que han sido deformados por fallamiento transcurrente y deslizamiento de gravedad subsecuentes.

El alineamiento arqueado de Sevilla, de rumbo N-E, es un segmento de una geosutura regional principal que separa cinturones metamórficos del Fanerozoico de la Provincia de la Sierra Nevada. Probablemente marca la superficie de una zona de subducción del Pérmico Superior (?) y Triásico, a lo largo de la cual se desarrollaron la franja metamórfica de Sevilla, compuesta de neises máficos y algunos esquistos y las rocas ígneas del Triásico. Controló la generación y el emplazamiento de dos series

características de magmas que formaron franjas paralelas de metadioritas del Pérmico (?), plutones sintectónicos del Triásico y, finalmente, dos franjas paralelas postmetamórficas contemporáneas de batolitos del Jurásico Medio que intruyeron al cratón antiguo y causaron su dislocación por fallas de distensión, de rumbo N15°E y movimientos sinintrusivos de dirección N70°E a lo largo de fallas preexistentes.

De esta manera, el alineamiento de Sevilla controló la evolución geológica de las tres provincias del Macizo, desde el Pérmico al Paleoceno. Separa provincias de muy diferentes basamentos ígneo-metamórficos y estilos tectónicos. Igualmente, controló la intrusión de plutones o batolitos del Pérmico (?), Triásico, Jurásico, Cretáceo Inferior, Paleoceno y Eoceno Medio, o bien, forma un contacto fallado con ellos. El forma la pared occidental de una ancha y compleja zona de falla, de rumbo N-E, que fue sucesivamente intruida por metadioritas y plutones sintectónicos a lo largo de la parte sur en varias etapas durante el Triásico, después de la orogénesis de Sevilla. Estas franjas fueron separadas por más de 20 km por la intrusión del batolito de Aracataca.

El alineamiento de Sevilla se interpreta como una zona de subducción durante la orogénesis de Sevilla, que posiblemente fue reactivada y tuvo gran movimiento transcurrente durante la orogénesis de Santa Marta.

La Provincia de Santa Marta está constituida por el batolito de igual nombre, de dirección N-E y dos franjas metamórficas paralelas, de igual rumbo. La franja exterior de esquistos verdes (Grupo Taganga) constituida por placas falladas de rocas polimórficas no comunes que fueron metamorfoseadas a la facies esquisto verde durante el Cretáceo Medio y el Paleoceno. La franja inferior consiste de esquistos de grado anfibolita del Grupo Gaira, los cuales fueron metamorfoseados durante el Jurásico e intruidos por el Batolito de Santa Marta de dirección N-E y por pequeños cuerpos durante el Eoceno Medio, después del último metamorfismo regional. La franja metamórfica de Santa Marta se formó probablemente a lo largo de una zona de subducción que fue paralela a la más antigua franja de Sevilla, en respuesta a los mismos procesos subcorticales de larga duración, pero siguiendo una reorganización del antiguo sistema que deformó la Provincia de la Sierra Nevada.

4.3. Amenazas naturales de origen Geológico de la zona del proyecto

En el Departamento del Magdalena las amenazas por fenómenos naturales de origen geológico se limitan a fenómenos de remoción en masa, erosión, causados por lluvias torrenciales y, en menor grado, a sismos de relativa baja magnitud.

El Departamento del Magdalena en las zonas donde se encuentran los cuerpos de agua a intervenir, no están expuestan a amenaza volcánica.

En general, una zona de clima semiárido, con suelos desprovistos de vegetación, el agua de las lluvias tiene la capacidad de erosionar y arrastrar material suficiente para provocar inundaciones de agua con poco material en suspensión.

Las amenazas naturales constituyen restricciones al uso del territorio, puesto que por su origen y magnitudes involucradas escapan al control del hombre. Sin embargo, sus efectos pueden mitigarse o evitarse.

4.4. Amenaza Sísmica:

Según la Norma Colombiana de Construcciones Sismorresistentes (NSR-10) el territorio de Santa Marta se clasifica como de amenaza Intermedia por fenómenos sísmicos. Esto debido a la posición tectónica en el marco de la interacción de placas en la esquina noroccidental de Suramérica y a las características geológicas que indican una probabilidad Intermedia de ocurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud.

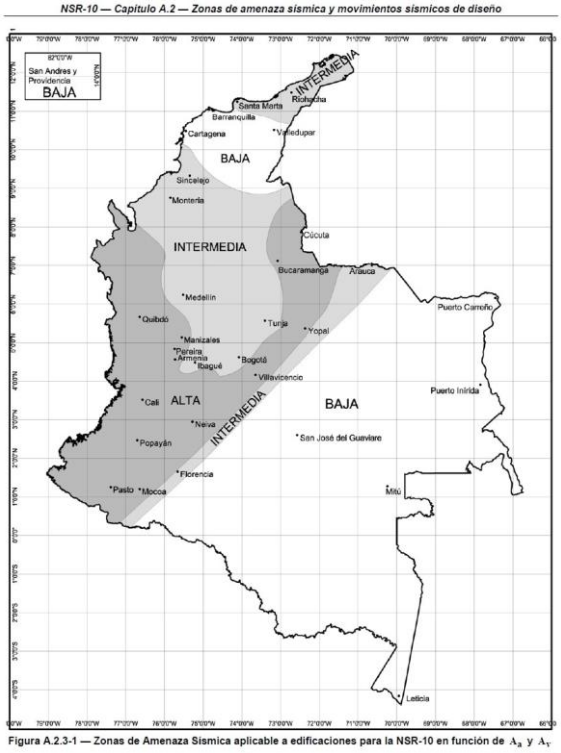


Ilustración 14. Mapa de amenazas sísmica zona del proyecto.
Fuente: Mapa Camacol.

4.5. Amenaza por Movimientos en Masa:

Las zonas Fluviolacustres, donde nacen algunas pequeñas cuencas estacionales, presentan unas características de: topografía, litología, efectos tectónicos, actividad sísmica, lluvias concentradas y deforestación que generan una susceptibilidad moderada a alta a fenómenos de remoción en masa.

La unión de estos factores ocasiona, además de deslizamientos simples y complejos, flujos torrenciales (depósitos Fluviolacustres) o avalanchas torrenciales que se mueven rápidamente hacia la base de esta corta vertiente. Evidencias de este tipo de fenómenos se observan en los conos de deyección asociados a quebradas estacionales, como la quebrada Japón.

4.6. Diagnósticos Escenarios de Riesgos en la Cuenca.

Como ya se había mencionado, la zona de trabajo hace parte de un paisaje de montaña caracterizado por presentar una topografía abrupta, con pendientes fuertes (mayores del 12%), con cuchillas de dirección SW-NE que se encuentran separadas por valles paralelos y en forma de V (Ingeominas, 2003). A partir de la interpretación de la información disponible, se pudieron identificar los principales procesos morfodinámicos.

4.7. Por Remoción en Masa

Corresponden en general a pequeñas zonas de topografía escarpada, con forma cóncava en el sentido de la pendiente, que demarcan la zona desde donde se han desprendido materiales por efecto de la gravedad y el agua contenida en ellos. Estos fenómenos de estabilidad se denominan desgarres cuando son superficiales (< 2 a 3 m) o deslizamientos cuando la superficie de ruptura es más profunda.

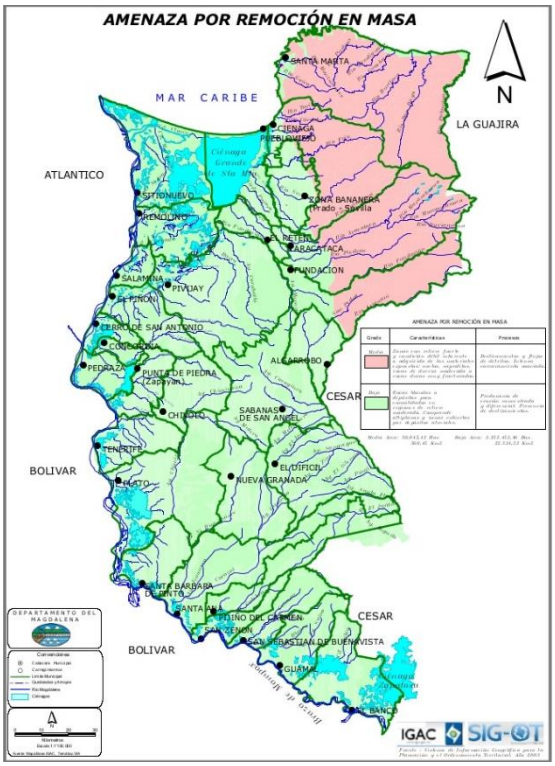


Ilustración 15. Clasificación remoción en masa.

Amenaza de movimientos de remoción en masa en la Ciudad de Santa Marta Departamento del Magdalena zona del sector del proyecto, es catalogado por el IGAC como Amenaza **MEDIA.**

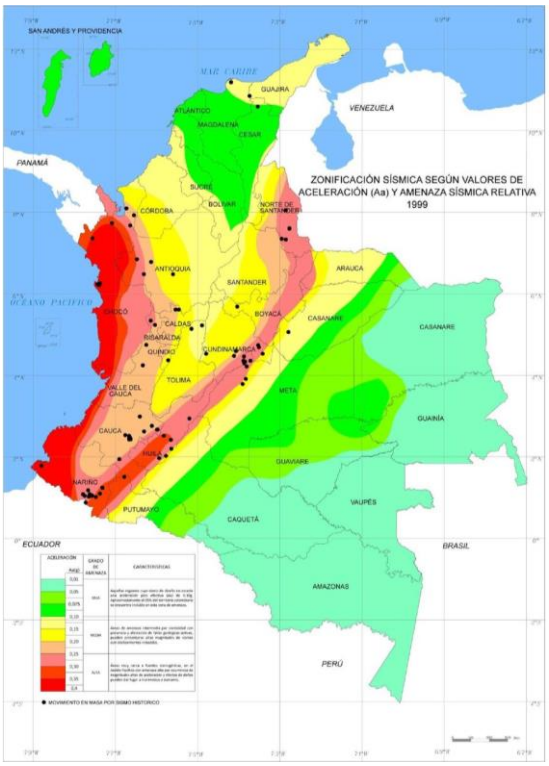


Ilustración 16. Zonificación sísmica según los valores de aceleración y amenaza sísmica relativa.

La Zona del Proyecto La zona del Proyecto y la ciudad de Santa Marta, es catalogada con **Amenaza Media-Baja** según INGEOMINAS

4.8. Por Inundación

En un sector del Proyecto, los cambios en la geomorfología de su cauce reflejan un cambio importante en las condiciones de la Microcuenca. Cabe anotar que en época de invierno las inundaciones son eventos que se presentan por las exorbitantes lluvias y por los desbordamientos en los tramos bajos de las corrientes naturales donde la pendiente del cauce es pequeña y la capacidad de transporte de sedimento es reducida, dejando al descubierto el poco control a la erosión y sedimentación del cuerpo de agua. Todo este proceso de erosión y sedimentación en el cauce de las quebradas, sumado con las frecuentes inundaciones y desbordamientos ha afectado drásticamente a la población cercana a este cuerpo de agua.

La definición de las zonas inundables está relacionada con el concepto de ronda hídrica considerada como la franja en la cual quedan incluidos el cauce mayor y una zona de seguridad, por fuera delas rondas hídricas quedan las planicies que son potencialmente inundables durante las crecientes extraordinarias, en este sentido la quebrada no ha sido ajena a la intervención antrópica porque existe invasión de sus riveras por parte de

asentamientos humanos, también estos son usados como botaderos de residuos sólidos generando contaminación visual y natural del cuerpo hídrico.

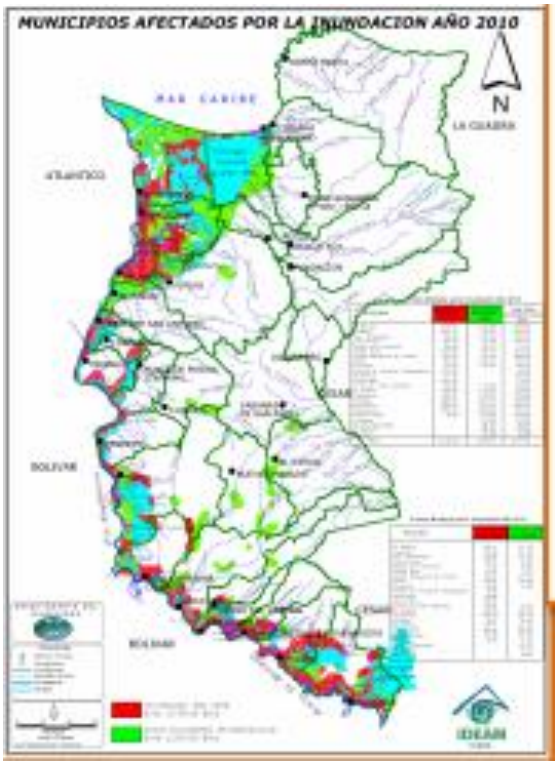


Ilustración 17. Afectación por inundación ciudad de Santa Marta.
Fuente: IDEAM.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Incorporar la gestión del riesgo como un enfoque integral dentro del proceso de formulación del proyecto: "**INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**", de acuerdo con los lineamientos de la normatividad colombiana aplicable.

5.2. Objetivos Específicos

- Describir las amenazas de origen natural y antrópicos, que afectan el Sector.
- Definir las estrategias, planes, programas y proyectos necesarios para prevenir, controlar, mitigar, compensar y corregir los impactos Ambientales generados por el proyecto.
- Dar lineamientos de alternativas que contribuyan a la recuperación de la seguridad territorial de la población.

- Establecer las bases para que el Consejo Territorial para la Gestión del Riego del Departamento del Departamento del Magdalena, ciudad de Santa Marta, elabore un Plan General de estricto cumplimiento para la recuperación técnica integral en toda el área, en el que se indiquen los compromisos de las entidades públicas, privadas y comunitarias.
- Involucrar a la comunidad en todo el proceso de rehabilitación durante y después para garantizar su sostenibilidad en el largo plazo.

5.3. Alcance del Estudio.

A través de la ejecución del presente Estudio de riesgo se busca conocer las amenazas que afectan esta zona con el fin que la población que fue afectada por la manifestación de esta se prepare en las acciones que debe implementar en el marco de la gestión del riesgo que se genera si se mantienen su condición de vulnerabilidad ante esta. Es así, que dentro de estos alcances que tiene el proyecto se puede hacer énfasis en:

- Conocer el territorio para disponer de un mejor uso de sus suelos de acuerdo con sus posibles de riesgos de no ser ocupados adecuadamente.
- Analizar las potencialidades y los limitantes del área en el uso del suelo.
- Proponer alternativas para el mejoramiento de la ocupación territorial.
- Orientar las inversiones gubernamentales hacia la intervención técnica integral de los sectores afectados.
- Mejorar el entorno de la ciudad de Santa Marta, en el Departamento del Magdalena, que son afectados, conservando el medio ambiente, como instrumento que fortalece su seguridad territorial, Integrando las actividades de las organizaciones comunitarias tanto individuales como colectivas con las de los estamentos gubernamentales para lograr acciones mancomunadas para el control de los factores potencializadores desestabilizadores.

Lo anterior, debe definirse en un plan de acción específico para lograr una recuperación y rehabilitación total por medio de la priorización de un Plan de Intervención técnica Integral que se defina en el menor tiempo posible.

5.4. Planificación de las Acciones a Seguir.

Se realizó un comité con los expertos para planificar las acciones a seguir partiendo de la información presentada.

5.5. Recopilación de información primaria y secundaria.

Inicialmente se identificó a cada una de las instituciones gubernamentales y privadas, que, por sus competencias y responsabilidades, contaran, dentro de sus bases de datos y páginas web, con estudios, información cartográfica, fotografías aéreas e imágenes

satelitales, que permitieran reconocer y entender las amenazas naturales a las que ha estado expuesta, la zona de estudio.
Posteriormente se visitó a cada una de las instituciones identificadas con el fin obtener la información que se consideró pertinente para alcanzar los objetivos propios del presente estudio.

6. GEOTECNIA LOCAL

- **Caracterización Geotécnica**

En el marco de los proyectos para la construcción de estos componentes se hizo por parte de la firma responsable Ing Carlos David Linero Cueto, la exploración del subsuelo en los sitios de influencia directa de este proyecto en la ciudad de Santa Marta. Cabe anotar que en términos generales estas fases de investigación del subsuelo en las áreas planteadas deben cumplir con lo establecido por la NSR-10 en el TÍTULO H "Caracterización Geotécnica del Subsuelo, en lo referente a estudios definitivos, específicamente en cuanto a número de sondeos y profundidades de exploración.

- **Exploración directa mediante SPT**

El objetivo de este estudio es determinar las características "Actuales" del subsuelo en el sitio donde se plantea El proyecto contempla la construcción de obras en la quebrada Japón donde se pretende en la remoción de materiales del fondo de la quebrada, utilizando para ello el sistema de Dragado Mecánico, con disposición marginal del material proveniente del dragado para la conformación de terraplenes. A través del presente estudio se mostrarán las propiedades físico – mecánicas de los suelos objeto de estudio, se realizará una estimación de la capacidad portante y se expondrán recomendaciones geotécnicas de relacionadas con manejo de excavaciones y obras de contención, por lo anterior, CORPAMAG solicitó la realización del estudio de suelos en la quebrada Japón.

- **Metodología**

La metodología que se llevó a cabo para la realización de los sondeos por percusión es la normalizada como ASTM D 1586, conocida como Ensayo de Penetración Estándar (STANDARD PENETRATION TEST, SPT).

Para los tramos de perforación por percusión y lavado se utilizó un equipo adicionado con una pesa de 620 N y con caída libre de 0.76 m. La densidad "in situ" de los suelos se determinó mediante ensayos normales de penetración con intervalos no mayores de 1m. El ensayo consiste en contar el número de golpes necesarios para hacer penetrar un elemento normalizado (penetrómetro) una distancia de 0.3 m. en el sub - suelo.

Los resultados obtenidos con la prueba S.P.T. sirven para correlacionar características del sub - suelo, tales como: peso unitario, densidad relativa, consistencia, ángulo de

fricción interna y Gravedad específica entre otros; sin embargo, estas correlaciones deben estar acompañadas de un criterio adecuado basado en la experiencia del Ingeniero Geotécnico.

6.1. Río Manzanares

6.1.1. Exploración de Campo

La etapa de exploración de campo dentro del área enmarcada por las coordenadas geográficas ya mencionadas consistió en un recorrido con el fin de analizar la zona en estudio y la realización de tres (3) sondeos de seis (6) metros de profundidad, cada uno con equipo de perforación mecánica y localizados así:

SONDEO	COORDENADAS GROGRÁFICAS
No. 1	11°14'7.20'' N – 74°13'9.80'' O
No. 2	11°14'2.06'' N – 74°12'56.80'' O
No. 3	11°14'3.70'' N – 74°12'46.70'' O

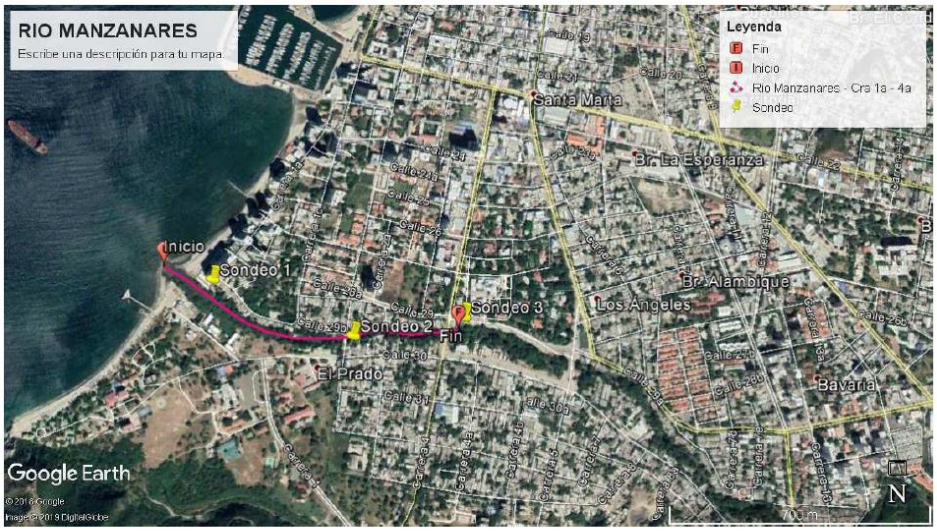


Ilustración 18. Imagen satelital Localización de Sondeos del río Manzanares.

6.1.2. Ensayos De Laboratorio

En las perforaciones ejecutadas, se tomaron muestras de naturaleza alterada, las cuales se consideran representativas del perfil natural del sub - suelo.

Las muestras tomadas se llevaron a laboratorio para realizar los ensayos de humedad natural, límites de consistencia, granulometría, peso unitario y gravedad específica de acuerdo con las necesidades del estudio y a las características del sub – suelo así:

Sondeos	Grupo	Muestras	Descripción	Profundidad
Sondeo 1		Muestras 1	Relleno con escombro	De 0,0 a 1,5 m
Sondeo 1	G1	Muestras 2 y 3	Arena limosa gris	De 1,5 a 3,0 m
Sondeo 1	G2	Muestras 4	Limo gris oscuro	De 3,0 a 4,5 m
Sondeo 1	G3	Muestras 5 y 6	Arcilla arcillosa	De 4,5 a 6,0 m
Sondeo 2		Muestras 1	Relleno con escombro	De 0,0 a 2,00 m
Sondeo 2	G4	Muestras 2 y 3	Arcilla arcillosa gris	De 2,0 a 3,5 m
Sondeo 2	G1	Muestras 4	Arena limosa gris	De 3,5 a 4,5 m
Sondeo 2	G5	Muestras 5 a 7	Arena gramosa gris	De 4,5 a 7,0 m
Sondeo 3		Muestras 1 y 2	Relleno con escombro	De 0,0 a 3,0 m
Sondeo 3	G1	Muestras 3 y 4	Arena limosa gris	De 3,0 a 4,5 m
Sondeo 3	G4	Muestras 3 a y	Arena arcillosa gris	De 4,5 a 7,0 m

6.1.3. Descripción Del Perfil Estratigráfico

De acuerdo con los resultados obtenidos en los sondeos podemos describir que el sub – suelo está constituido por un estrato de arena desde la superficie hasta la profundidad máxima explorada (7 metros):
El estrato de arena varía dependiendo de la profundidad y de la ubicación del sondeo, cambiando entre arena limosa y arena arcillosa.

- La Arena Limosa: presente en el sondeo S1 con un peso unitario de 1,461 ton/m3, un porcentaje de finos de 19,72%, no presenta plasticidad y un espesor desde 1,5 hasta 3,0 metros. En el sondeo S2 con un peso unitario de 1,461 ton/m3, un porcentaje de finos de 18,05%, no presenta plasticidad y un espesor desde 3,5 hasta 4,5 metros. En el sondeo S3 con un peso unitario de 1,461 ton/m3, un porcentaje de finos de 14,6%, no presenta plasticidad y un espesor desde 3,0 hasta 4,5 metros.

- Arcilla Limosa: presente en el sondeo S1 con un peso unitario de 1,215 ton/m3, un porcentaje de finos de 54,28%, con un índice de plasticidad de 11% y un espesor desde 4,5 hasta 6,0 metros.

- La Arena Arcillosa: presente en el sondeo S2 y S3 con un peso unitario de 1,215 ton/m3, un porcentaje de finos entre 35,14 y 40,83%, con un índice de plasticidad entre 8% y 10% y un espesor desde 2,0 hasta 3,5 metros en el S2 y desde 4,5 hasta 7 metros en el S3.

6.1.4. Parámetros Geotécnicos

De acuerdo con las características físicas y mecánicas de los materiales del sub – suelo encontrados y a su perfil estratigráfico podemos decir lo siguiente:

- En todos los sondeos se encuentra relleno con escombro y basura desde la superficie hasta una profundidad que varía desde 1,5 m en el Sondeo 1 hasta 3,0 metros en el Sondeo 3.
- Se encontro un estrato de arena que varía entre Limosa y Arcillosa que dependiendo de la ubicación desde los 1,5 metros hasta la profundidad de explorada.
- Se ve que el material del sub - suelo predominante es Arena Limosa y Arena Arcillosa.
- No se encontró material orgánico es debido a que los sondeos se realizaron en la orilla del río y no sobre el lecho.

6.1.5. Conclusiones y Recomendaciones

Para la zona del sondeo 1 se recomienda cimentar a 2,5 metros, con una capacidad de carga admisible de 34,53 Ton/m2, en la zona de los sondeos 2 y 3 se recomienda cimentar a 3,5 metros, con una capacidad de carga admisible de mínima de 35,03 Ton/m2. La capacidad de carga admisible a mayor profundidad se muestras en los anexos.

- Para dragar el río se recomienda retirar el material orgánico hasta una profundidad
- que permita recuperar la capacidad hidráulica del río.
  El material retirado deberá disponerse en un lugar que garantice que no retornará al río, por efectos de lluvias o desborde del río.
- Se recomienda cimentar muros de contención tipo gavión y colchogavión, dejando la superficie de cimentación limpia de toda materia orgánica como raíces de árboles y maleza y de todo material no constituyente del suelo natural como piedras y basuras.
- Para el diseño del muro de contención en gavión y colchogavión, se calculará la
- fricción suelo – muro (δ) como δ = ¾Ø, donde “Ø” es el ángulo de fricción interna del material, que para este caso en particular se tomara como Ø = 27°.
- Para el diseño de los muros de contención en gavión se debe verificar los factores de seguridad que contempla el REGLAMENTO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10 en su título H, los cuales son:
- Factor de seguridad al deslizamiento: FS > 1,6.
- Factor de seguridad al volcamiento: FS > 3,0.
- Factor de seguridad por capacidad portante: FS > 2,5.
- El material granular utilizado para rellenos laterales debe ser capaz de desarrollar fricción y no debe contener materiales orgánicos ni residuos no deseados.
- El material seleccionado para rellenos deberá cumplir con las siguientes especificaciones (o con otras especificaciones de afirmado vigentes): Limite liquido < 25%, índice de plasticidad < 6%, porcentaje material que pasa el tamiz

de 76.2 mm: 100%, porcentaje material que pasa el tamiz de 4.75 mm: entre 30% y 70%, porcentaje material que pasa el tamiz de 0.074 mm: entre 0% y 15%.

- Los rellenos deberán compactarse para alcanzar densidades superiores al 95% de la densidad máxima del proctor modificado.

6.2. Río Gaira

6.2.1. Exploración de Campo

La etapa de exploración de campo dentro del área enmarcada por las coordenadas geográficas ya mencionadas consistió en un recorrido con el fin de analizar la zona en estudio y la realización cuatro sondeos a ocho (8) metros de profundidad cada uno, con equipo de perforación mecánica y localizados así:

SONDEO	COORDENADAS GROGRÁFICAS
No. 1	11°11’14.86N – 74°13’31.52’’ O
No. 2	11°11’14.94’’N – 74°13’31.99’’ O
No. 3	11°11’15.49’’N – 74°13’32.48’’ O
No. 4	11°11’17.29’’N – 74°13’39.69’’ O
No. 5	11°11’25.80’’N – 74°13’46.45’’ O
No. 6	11°11’26.19’’N – 74°13’46.86’’ O
No. 7	11°11’33.17’’N – 74°13’50.18’’ O

Ilustración 19. Ubicación geográfica de los sondeos realizados en el Río Gaira.

6.2.2. Ensayos de Laboratorio

En las perforaciones ejecutadas, se tomaron muestras de naturaleza inalterada, las cuales se consideran representativas del perfil natural del sub - suelo. Las muestras tomadas se llevaron a laboratorio para realizar los ensayos de humedad natural, límites de consistencia, granulometría, peso unitario y gravedad específica de acuerdo con las

necesidades del estudio y a las características del sub - suelo. Las muestras tomadas se organizaron y se clasificaron de acuerdo con sus características así:

Sondeos	Grupo	Muestras	Descripción	Profundidad
Sondeo 1	G1	Muestras 1 y 2	Limo arcilloso color marrón	De 0,0 a 2,0 m
Sondeo 1	G2	Muestras 3 a 5	Arena limosa color gris	De 2,0 a 5,5 m
Sondeo 1	G1	Muestras 6 a 8	Limo arcilloso color marrón	De 5,5 a 8,0 m
Sondeo 2	G3	Muestras 1 y 2	Limo color café	De 0,0 a 2,5 m
Sondeo 2	G2	Muestras 3 a 5	Arena limosa color gris	De 2,5 a 5,5 m
Sondeo 2	G4	Muestras 6 a 8	Arena fina color gris	De 5,5 a 8,0 m
Sondeo 3	G3	Muestras 1 a 3	Limo color marrón	De 0,0 a 3.0 m
Sondeo 3	G2	Muestras 4 a 6	Arena limosa color gris	De 3,0 a 6,0 m
Sondeo 3	G5	Muestras 7 y 8	Arena gruesa color gris	De 6,0 a 8,0 m
Sondeo 4	G1	Muestras 1 y 2	Limo arcilloso color marrón	De 0,0 a 2,0 m
Sondeo 4	G2	Muestras 3 a 8	Arena limosa color gris	De 2,0 a 8,0 m
Sondeo 5	G1	Muestras 1 y 2	Limo arcilloso color gris	De 0,0 a 2,5 m
Sondeo 5	G2	Muestras 3 a 5	Arena limosa color gris	De 2,5 a 5,5 m
Sondeo 5	G3	Muestras 6 a 8	Limo color gris	De 5,5 a 8,0 m
Sondeo 6	G2	Muestras 1 a 3	Arena limosa color gris	De 0,0 a 3,0 m
Sondeo 6	G3	Muestras 4 a 6	Limo color gris	De 3,0 a 6,0 m
Sondeo 7	G1	Muestras 1 y 2	Limo arcilloso color gris	De 0,0 a 2,5 m
Sondeo 7	G2	Muestras 3 y 4	Arena limosa color gris	De 2,5 a 4,0 m
Sondeo 7	G3	Muestras 5 y 6	Limo color gris	De 4,0 a 6,0 m

Adicionalmente se realiza el cálculo de capacidad portante y coeficiente de balasto con los datos obtenidos del SPT (Ver en Anexos).

LIMO ARCILLOSO COLOR MARRÓN

Clasificación USC	ML – CL
Clasificación A.A.S.H.O	A-4
Índice de grupo	1
Peso unitario seco	1,236 ton/m³
Contenido de humedad	13,3%
Pasa tamiz 200	55,74%
Limite líquido	27%
Limite Plástico	22%
Índice de Plasticidad	5%
Gravedad especifica	2,477
Grupo de Identificación	G1

ARENA LIMOSA COLOR GRIS

Clasificación USC	SM
Clasificación A.A.S.H.O	A-1-b
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,436 ton/m³
Contenido de humedad	15,8%
Pasa tamiz 200	18,08%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,180
Grupo de Identificación	G2

LIMO COLOR CAFÉ

Clasificación USC	ML
Clasificación A.A.S.H.O	A-4
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,125 ton/m³
Contenido de humedad	28,4%
Pasa tamiz 200	59,41%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,487
Grupo de Identificación	G3

ARENA FINA COLOR GRIS

Clasificación USC	SP – SM
Clasificación A.A.S.H.O	A-3
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,227 ton/m³
Contenido de humedad	22,2%
Pasa tamiz 200	9,23%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,423
Grupo de Identificación	G4

ARENA GRUESA COLOR GRIS

Clasificación USC	SP – SM
Clasificación A.A.S.H.O	A-1-b

Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,227 ton/m³
Contenido de humedad	11,51%
Pasa tamiz 200	22,39%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,493
Grupo de Identificación	G5

LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS

Clasificación USC	ML
Clasificación A.A.S.H.O	A-4
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,133 ton/m³
Contenido de humedad	10,3%
Pasa tamiz 200	54,07%
Limite líquido	28%
Limite Plástico	24%
Índice de Plasticidad	4%
Gravedad especifica	2,529
Grupo de Identificación	G1

ARENA LIMOSA COLOR GRIS

Clasificación USC	SM
Clasificación A.A.S.H.O	A-2-4
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,436 ton/m³
Contenido de humedad	13,7%
Pasa tamiz 200	18,41%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,180
Grupo de Identificación	G2

LIMO COLOR GRIS

Clasificación USC	ML
Clasificación A.A.S.H.O	A-4
Índice de grupo	0
Peso unitario seco	1,125 ton/m³
Contenido de humedad	15,2%

Pasa tamiz 200	56,45%
Limite líquido	0
Limite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0
Gravedad especifica	2,487
Grupo de Identificación	G3

6.2.3. Descripción del perfil estratigráfico

De acuerdo a los resultados obtenidos en los sondeos podemos describir que el sub – suelo, está constituido por tres estratos el primero es una Limo y Limo Arcilloso en la parte superior hasta 3,0 metros de profundidad con un peso unitario entre 1,125 ton/m3 y 1,236 ton/m3 , un porcentaje de finos entre 54,07% y 59,41% con índice de plasticidad hasta un 7%, el segundo estrato es una Arena Limosa desde 2,5 m hasta 6 m, con un peso unitario de 1,436ton/m3 , un porcentaje de finos entre 18,08% y 38,8% sin plasticidad y el tercer estrato es un limo, una Arena fina y Arena Gruesa que va desde 5 metros hasta la profundidad máxima explorada (8 metros) con un peso unitario entre 1,125 ton/m3 y 1,227ton/m3, un porcentaje de finos entre 9,23% y 58,57% sin plasticidad.

6.2.4. Parámetros geotécnicos

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para cada sondeo, se realizan los cálculos de los parámetros geotécnicos a las diferentes profundidades de la exploración. Se anexan los resultados de los ensayos de laboratorios y los resultados de los parámetros calculados, sin embargo, a continuación, se muestra un resumen de los parámetros en cada sondeo a la profundad recomendada para cimentación:

Sondeo	Profundidad (m)	Y (Ton/m3)	Yd (Ton/m3)	Φ	Resistencia al corte, C (Ton/m2)	Q ult (Ton/m2)	Coeficiente de Balasto (Tkg/cm3)
1	3,50	1.663	1,436	25	0,00	43,26	0.50
2	3,50	1.666	1,436	23	0,00	29.10	0.40
3	3,50	1.599	1,436	32	0,00	91.33	1.00
4	3,50	1.650	1,436	30	0,00	72.56	0.90
5	3,00	1.633	1,436	30	0,00	65.78	0.80
6	3,00	1.604	1,436	26	0,00	39.48	0.50
7	3,50	1.675	1,436	28	0,00	32.79	0.60

6.2.5. Conclusiones y recomendaciones

- La Arena limosa, es un material del sub - suelo natural y original de los ríos provenientes de la Sierra Nevada. Estos son materiales regularmente estables y que pueden usarse para diques.
- La presencia del nivel de aguas freáticas (N.A.F.) a poca profundidad constituye una condición desfavorable, principalmente para el desarrollo de los procedimientos constructivos.
- Para la zona de los sondeos a 3 m de profundidad se evaluaron capacidades de carga admisible mínima de 39,48 Ton/m2 y máxima de 65,79 Ton/m2. (para mayor o menor profundidad ver anexo capacidad portante), mientras que para la zona de los sondeos a 3.5 m de profundidad se evaluaron capacidades de carga admisible mínima de 29,1 Ton/m2 y máxima de 91,33 Ton/m2 . (para mayor o menor profundidad ver anexo capacidad portante)
- Se recomienda cimentar muros de contención tipo gavión a una profundidad 3,5 metros medido desde la superficie y 3 metros en la zona de los sondeos 5 y 6, y a 3,5 metros en la zona del sondeo 7 medido desde la superficie y esta superficie encontrada mediante excavación para cimentar, debe estar limpia de toda materia orgánica como raíces de árboles y maleza y de todo material no constituyente del suelo natural como piedras y basuras.
- Constructivamente se pueden presentar algunos inconvenientes en las excavaciones que se realicen para el proyecto, relacionados con la baja densidad del terreno en algunos puntos y la presencia del N.A.F.
- No se prevén otras complicaciones constructivas diferentes a los requerimientos comunes para obras de esta magnitud, siendo suficiente el uso de métodos convencionales.
- Para el diseño del muro de contención en gavión, se calculará la fricción suelo – muro (δ) como δ = ¾Ø, donde “Ø” es el ángulo de fricción interna del material, que para este caso en particular se tomara como Ø = 25°.
- Para el diseño de los muros de contención en gavión se debe verificar los factores de seguridad que contempla el REGLAMENTO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10 en su título H, los cuales son:
  Factor de seguridad al deslizamiento: FS > 1,6.
  Factor de seguridad al volcamiento: FS > 3,0.
  Factor de seguridad por capacidad portante: FS > 2,5.
- El material granular utilizado para rellenos laterales debe ser capaz de desarrollar fricción y no debe contener materiales orgánicos ni residuos no deseados.
- El material seleccionado para rellenos deberá cumplir con las siguientes especificaciones (o con otras especificaciones de afirmado vigentes): Limite liquido < 25%, índice de plasticidad < 6%, porcentaje material que pasa el tamiz de 76.2 mm: 100%, porcentaje material que pasa el tamiz de 4.75 mm: entre 30% y 70%, porcentaje material que pasa el tamiz de 0.074 mm: entre 0% y 15%.

- Los rellenos deberán compactarse para alcanzar densidades superiores al 95% de la densidad máxima del proctor modificado

7. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

7.1. Río Manzanares

7.1.1. Análisis hidrológico del área de estudio

- **Estaciones utilizadas para el análisis hidrológico**

Con los registros de las precipitaciones máximas valorados por la estación pluviométrica cercana a la zona de influencia, se realizó el análisis hidrológico correspondiente, de esta manera las estaciones que se emplearon son

- La Estación Aeropuerto Simón Bolívar.
- La Estación Universidad del Magdalena.
- La Estación Minca.

las cuales tienen aferencia a la cuenca de estudio. También se debe mencionar que la estación pluviométrica implementada en el presente estudio hidrológico fue certificada por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)**.**

A continuación, la localización de dichas estaciones:

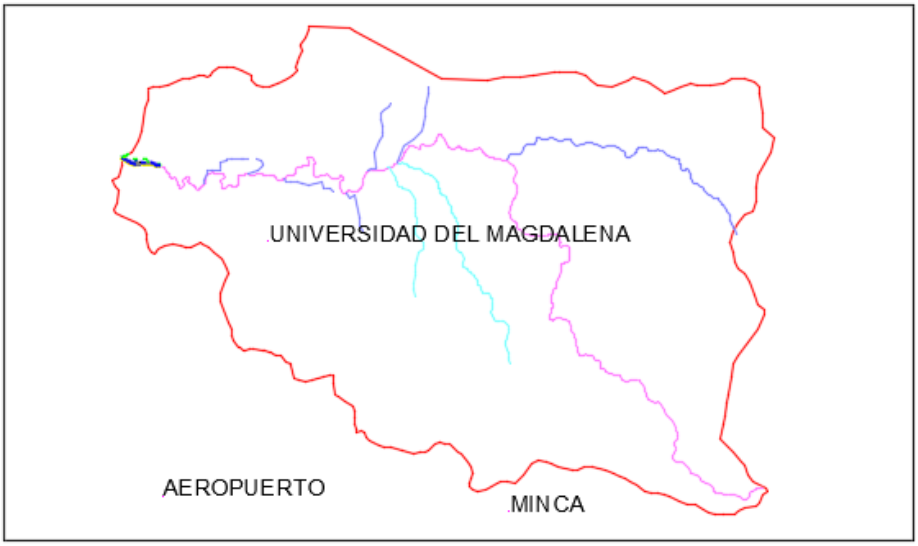


Ilustración 20. Localización estación sobre la Cuenca del Rio Manzanares.

Los valores registrados por la estación utilizada se puntualizaron sobre la zona de estudio, y así se concentraron los caudales para de esta forma establecer la proyección hidrológica del área a intervenir.

- **Resumen de Caudales**

Periodo de retorno	P max 1 hora (mm)	P efectiva (mm)	Caudal máximo (m3/s)
5	42,00	18,90	140,70
10	48,41	21,78	162,17
25	56,50	25,43	189,29
50	62,51	28,13	209,41
100	68,47	30,81	229,39
200	74,41	33,49	249,29

Tabla 2. Caudales Máximos Cuenca del Rio Manzanares

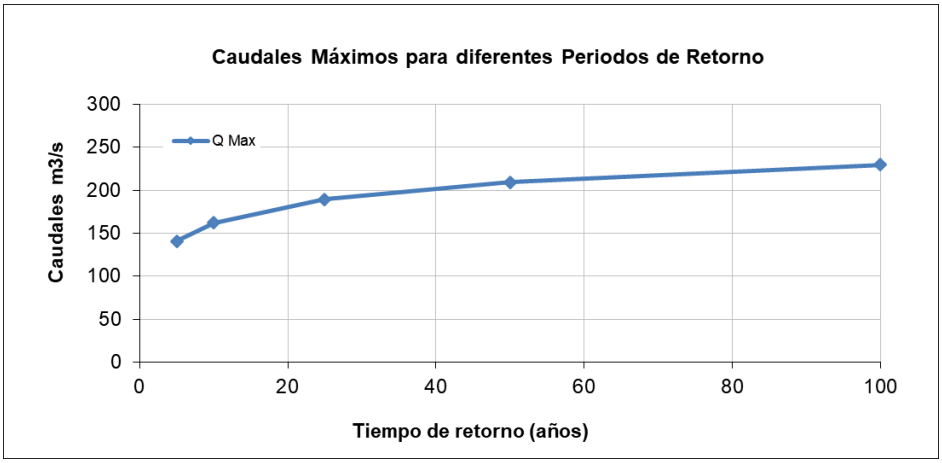


Ilustración 21. Caudales Máximos en la cuenca del Rio Manzanares

- **Distribución Gumbel**

El método utilizado para el ajuste de las frecuencias hidrológicas fue Distribución Gumbel; Para esto se empleó los datos de valores máximos para cada año y se aplicaron las siguientes expresiones:

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{n} Pi}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Pi - Pm)^2}{n-1}}$$

$$\mu = Pm - 0.450047\sigma$$

$$\partial = \frac{1}{0.779696\sigma}$$

Donde Pi son los datos de precipitación máxima en 24 horas
Pm, promedio de las precipitaciones
σ es la desviación estándar
n, numero de datos
μ y ∂ son constantes del método de Gumbel.
A partir de esto se obtuvieron los siguientes datos para cada estación.

Tabla 3. Precipitaciones Máximos Estación Aeropuerto Simón Bolívar

Estación Aeropuerto Simón Bolivar		
u		49.55
d		0.04064595
Periodo de retorno	**Probabilidad**	**P max 24 horas (mm)**
5	0.8	86.45
10	0.9	104.91
25	0.96	128.24
50	0.98	145.55
100	0.99	162.72
200	0.95	179.84

Tabla 4. Precipitaciones Máximos Estación Universidad del Magdalena

Estación Universidad del Magdalena		
u		67.505
d		0.0470242
Periodo de retorno	**Probabilidad**	**P max 24 horas (mm)**
5	0.8	99.402
10	0.9	115.36
25	0.96	135.52
50	0.98	150.48
100	0.99	165.33
200	0.95	180.12

7.1.2. Análisis hidráulico e implementación del modelo matemático

Por medio de la digitalización del modelo hidráulico Hec Ras V4.1, se lograron modelar las secciones transversales que se encuentran en el Rio Manzanares, entre la Carrera cuarta (4) y la desembocadura, de esta manera en el área de análisis se realizó la

proyección del comportamiento de los niveles que probablemente se pueden llegar a presentar en los diferentes periodos de retorno. Para ello, como se mencionó anteriormente se utilizó un modelo matemático unidimensional, denominado Hec-Ras V4.1, de origen estadounidense desarrollado por US Army Corps of Engineering. La modelación se representa mediante el comportamiento de los perfiles hidráulicos de la lámina de agua y las secciones transversales del área de análisis del Rio Manzanares a partir de los parámetros hidráulicos que componen el área y la cuenca en estudio, los cuales dependen del área de influencia y de la probabilidad de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos que pueden generar un impacto sobre los puntos de interés, y que a su vez, permitan pronosticar inundaciones en tiempo real de la dinámica de los niveles en el Rio.

- **Secciones Transversales Condición Terreno Natural**

(Ver Anexo Estudio Hidráulico)

- **Secciones Transversales de diseño**

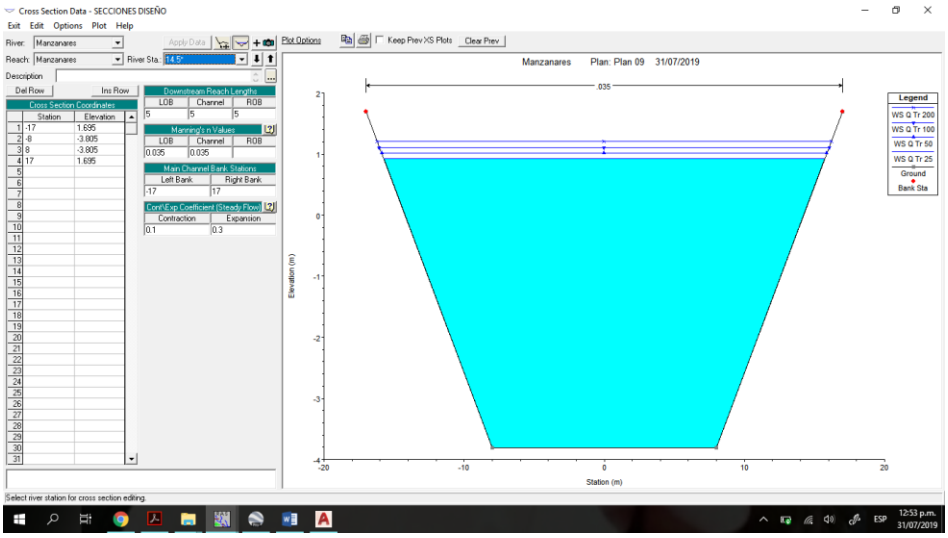


Ilustración 22. Sección de Diseño Trapezoidal (Modelo Hec Ras)

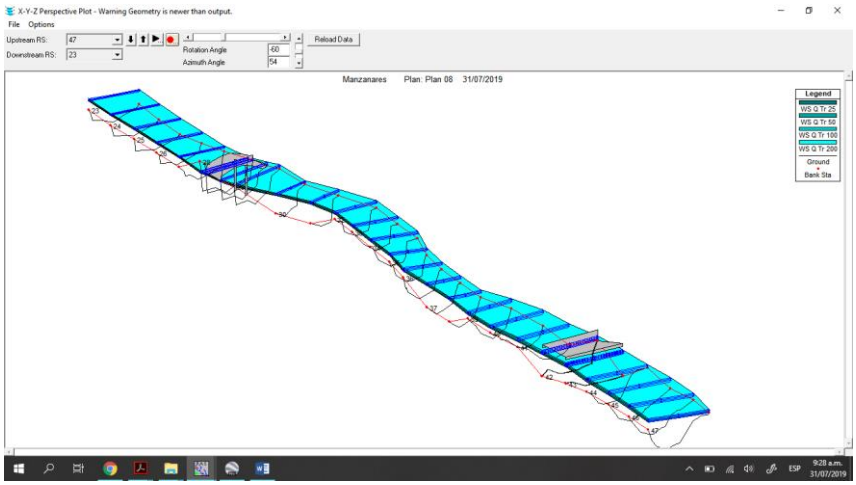


Ilustración 23. Tramo en 3D entre la carrera 4 y desembocadura (Modelo Hec Ras)

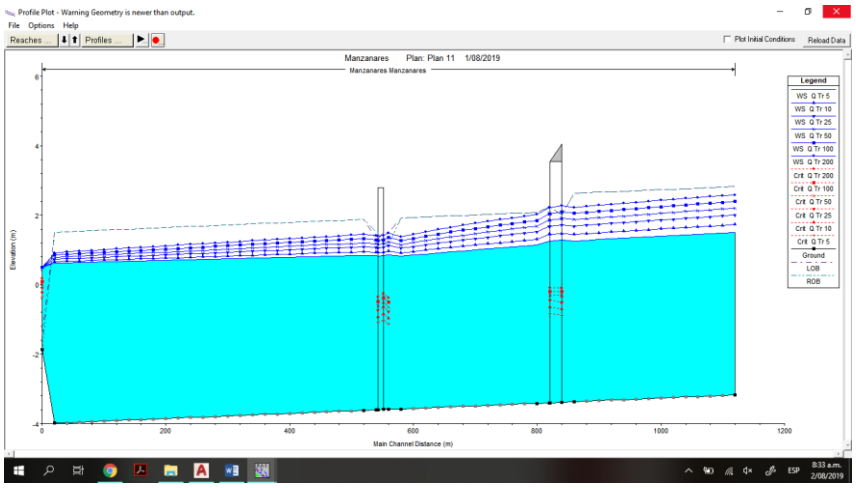


Ilustración 24. Perfil Hidráulico del Modelo para Tramo entre Cra 4 y Desembocadura

(Ver Anexo Estudio Hidráulico)

- **Caudales de Diseño**

De acuerdo con el estudio hidrológico de la cuenca del Rio Manzanares, a continuación, los valores de caudales para los diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno	Caudales de Diseño (m3/s)
TR 5 Años	140.70
TR 10 Años	162.17
TR 25 Años	189.29
TR 50 Años	209.41
TR 100 Años	229.39
TR 200 Años	249.29

Tabla 5. Caudales Máximos Cuenca Rio Manzanares

7.2. Río Gaira

7.2.1. Análisis Hidrológico

Para recopilar los datos necesarios para realizar el estudio hidrológico, utilizando las estaciones Minca y Universidad Técnica Magdalena, se tomaron registros de los caudales cercanos a la zona de influencia, donde gracias a esta información se realizó el análisis hidrológico correspondiente.

A continuación, se da un detalle de las estaciones implementadas para el estudio.

Tabla 6. Estaciones utilizadas para determinar el estudio hidrológico

Estación	Tipo de Estación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Registros
		Latitud	Longitud		
UNIV TEC MAGDALENA [15015040]	Pluviométrica	11°13'23"N	74°11'9.30"O	7	1978- 2015
MINCA [15017030]	Limnigráfica	11º 35' 23.71"	74º 7' 22.50"	650	1973- 2001

Fuente: IDEAM

Los valores registrados por las estaciones anteriormente señaladas, fueron puntualizados sobre la zona de estudio, donde fueron recopilados los caudales para de esta forma establecer la proyección hidrológica del área a intervenir.

La ubicación de las estaciones implementadas en el presente análisis hidrológico se demuestra a continuación:

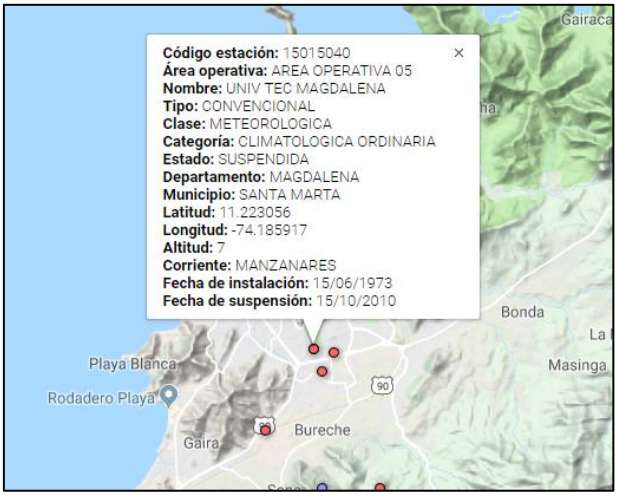


Ilustración 25. Ubicación de la estación Universidad Técnica Magdalena.
Fuente: IDEAM

Ilustración 26. Ubicación de la estación Minca.
Fuente: IDEAM

- **Resumen de caudales**

Tabla 7. Resumen de los caudales de la estación Limnigráfica Minca.

T (años)	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s)	CAUDALES MEDIOS (m3/s)	CAUDALES MÍNIMOS (m3/s)
2	63.88	44.21	5.63
5	107.67	53.26	7.67
10	137.25	58.20	8.65
20	163.16	62.26	9.47
25	174.47	63.72	9.74
50	201.82	67.48	10.49
100	228.67	71.04	11.23
200	255.01	74.44	11.96

Tabla 8. Resumen de los caudales de la estación pluviométrica Universidad Tec. Magdalena

T (años)	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s)
2	12.34
5	16.06
10	18.34
20	20.29
25	21.05
50	22.97
100	24.82
200	26.59

7.2.2. Análisis hidráulico e implementación del modelo matemático

El modelo HEC RAS, requiere como datos de entrada para realizar la implementación del modelo, la información topográfica y batimétrica del cauce a analizar, así como las distancias entre las secciones transversales, los coeficientes de rugosidad y las condiciones de frontera.

Las condiciones de frontera establecen el valor inicial para la evaluación de la superficie libre, las opciones disponibles son las siguientes: nivel conocido, profundidad crítica y método área-pendiente considerando para la sección inicial de cálculo de la pendiente de la línea de energía igual a la pendiente de la superficie del agua.

Para calcular los perfiles de flujo se utilizó el modelo hidráulico unidimensional HEC RAS versión 4.0, el cual fue elaborado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos. El modelo calcula así mismo el perfil hidráulico y el perfil de velocidad con las ecuaciones de flujo uniforme, utilizando el método estándar.

Es muy importante mencionar que las ecuaciones utilizadas por el modelo fueron desarrolladas sin considerar las variaciones debidas a altas concentraciones de sedimentos, como es el caso particular de los flujos de lodos y de los flujos de escombros que presentan fuertes variaciones en las propiedades básicas de los fluidos, como lo son la viscosidad, la densidad, etc., haciendo que el comportamiento del flujo sea el de un fluido no newtoniano.

- **Secciones Transversales Condición Terreno Natural**

(Ver Anexo Estudio Hidráulico)

- **Secciones Transversales de diseño**

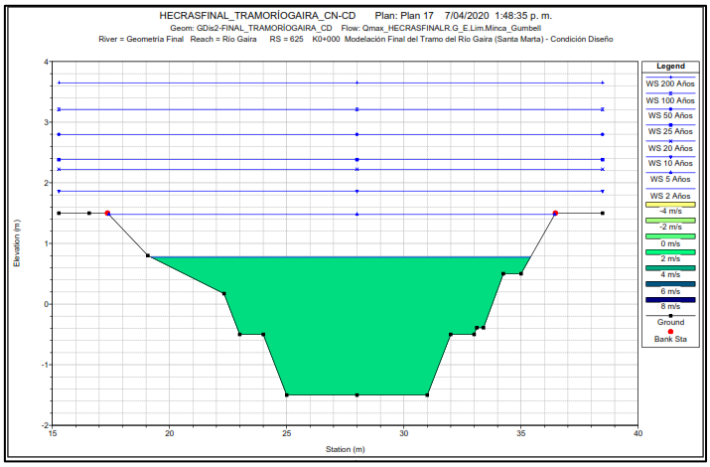


Ilustración 27. Sección transversal río Gaira ABS K0+000 (Modelo Hec Ras)

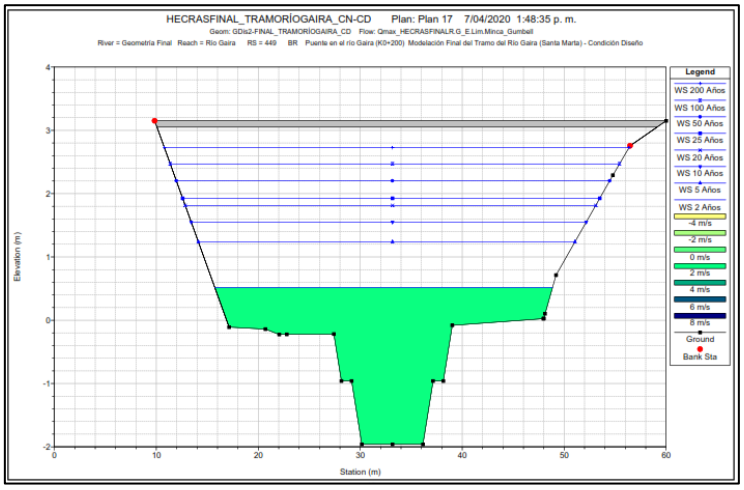


Ilustración 28. Sección transversal del puente ubicado ABS K0+200. Sección final. (Modelo Hec Ras)

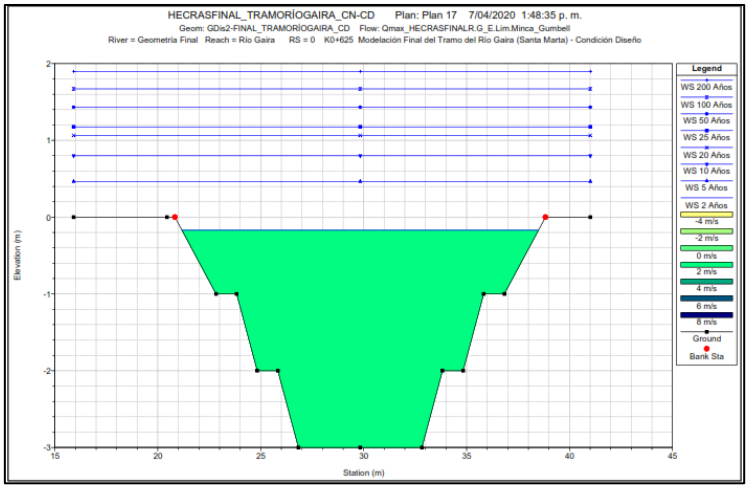


Ilustración 29. Sección transversal río Gaira ABS K0+625 (Hec Ras 4.0)

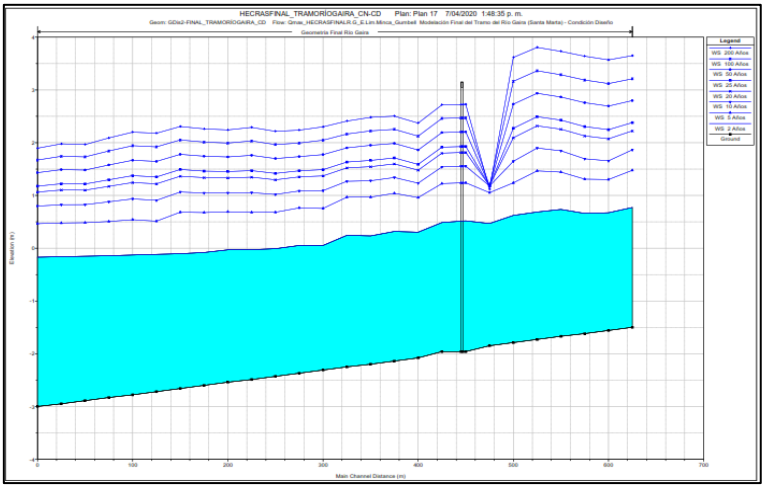


Ilustración 30. Perfil Hidráulico del Modelo para el río Gaira

(Ver Anexo Estudio Hidráulico)

- **Caudales de Diseño**

De acuerdo con el estudio hidrológico de la cuenca del Río Gaira, a continuación, los valores de caudales para los diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno	Caudales de Diseño (m3/s)
TR 5 Años	53.26
TR 25 Años	63.72

Tabla 9. Caudales Máximos Cuenca río Gaira

8. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

La metodología implementada para obtener cada uno de los objetivos específicos establecidos en este proyecto es descrita a continuación y la misma se separa en cuatro subcapítulos, el primero muestra la metodología para evaluar el riesgo de inundación por desbordamiento y encharcamiento, el segundo muestra la metodología para evaluar el riesgo por socavación lateral de quebradas, el tercero específica sobre la metodología tenida en cuenta para realizar el planteamiento y análisis de alternativas necesaria para el Proyecto construcción de obras en la quebrada Japón para el control de inundaciones y manejo de aguas lluvias en diferentes sectores del distrito de Santa Marta, que se encuentran expuestas a un nivel de riesgo, se especifica la metodología implementada para el planteamiento de los lineamientos para el manejo de las posibles contingencias que se puedan presentar al materializarse un evento amenazante.

8.1. Metodología para la Evaluación del riesgo que presentan el Proyecto **INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**, de ser impactadas negativamente por los fenómenos de inundación por desbordamiento y/o encharcamiento.

Existen diversas metodologías para desarrollar los análisis de riesgos, la selección de la metodología más apropiada en cada caso depende de la disponibilidad de información y el nivel de detalle que se desee alcanzar.

En general estas metodologías implementan tres fases, la primera tiene como objeto evaluar la **amenaza**, la cual se refiere a la magnitud o fuerza que puede infligir daños al medio natural, económico o sociocultural, como consecuencia de un siniestro; la segunda busca definir la **vulnerabilidad**, entendida esta como las características propia de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, relacionada con su incapacidad física, económica, política o social de anticipar, resistir y recuperarse del daño sufrido cuando opera dicha amenaza; y la tercera tiene como finalidad evaluar el **riesgo** o el daño potencial que, sobre la población y sus bienes, la infraestructura, el

ambiente y la economía pública y privada, pueda causarse por la ocurrencia de amenazas de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que se extiende más allá de los espacios privados o actividades particulares de las personas y organizaciones y que por su magnitud, velocidad y fuerza hace necesario un proceso de gestión que involucre al Estado y a la sociedad.

Ilustración 31. Esquema General para la Evaluación del riesgo.

La metodología general aquí implementada para la Evaluación del nivel de riesgo local que presentan las obras del Proyecto **INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES,** de ser afectadas negativamente por la materialización de un fenómeno de inundación por desbordamiento y/o encharcamiento, parte de la base anterior, y aplica, para determinar la amenaza la vulnerabilidad y el riesgo, metodologías específicas que tienen en cuenta también el alcance del proyecto definido y la disponibilidad de información con la que se cuenta.

A continuación, se describen secuencialmente y en forma específica, las metodologías bajo las cuales fue evaluado el riesgo que presentan las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, de ser impactadas negativamente por los fenómenos de inundación por desbordamiento e inundación por encharcamiento.

8.2. Metodología para determinar el nivel de riesgo de afectación que se presenta por inundación por desbordamiento.

8.2.1. Metodología para determinar el nivel de amenaza de inundación de tipo desbordamiento.

Según los estudios previos, el alcance del estudio corresponde a realizar la evaluación local de la amenaza asociada al evento de inundación por desbordamiento cuando aplique. Se considera al fenómeno de inundación por desbordamiento a aquel que se presenta cuando un cuerpo de agua, ya sea quebrada, río, Caño, arroyo, laguna ciénaga, embalse etc, recibe aportes adicionales de grandes cantidades de agua en muy poco tiempo, provocando que el mismo supere sus niveles normales (nivel medio o promedio) hasta un punto donde las aguas se salen de su cauce natural transportándose y depositándose en zonas aledañas.

Con esto claro se tiene que un fenómeno de inundación por desbordamiento tendrá lugar en una zona del proyecto del distrito de Santa Marta, Departamento del Magdalena, cuando en la misma exista un cuerpo de agua que cumpla con estas condiciones.

Entonces, y para evaluar la amenaza local de inundación por desbordamiento a la que están expuestas las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, se diseñó y se implementó una metodología que al tomar como base el concepto anterior se tiene en cuenta los siguientes considerandos:

- Se tuvo en cuenta primero que todo la cercanía de los proyectos, con respecto a un cuerpo de agua que por sus características hidráulicas puedan representar una amenaza de inundación por desbordamiento. Para el caso particular, se presentan tres situaciones o tres sectores diferentes que están relacionadas con la localización de cada uno de las Fases del Proyecto y que fueron analizadas en la Modelación Hidrológica e Hidráulica donde se obtuvieron caudales y cotas de diseños para las diferentes crecientes de manera que no se desbordara.
- Para el caso particular, se podría decir que el cuerpo de agua cercano a la zona donde se localizarían las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**,** es el rio Manzanares o cuerpo de agua activo y el mismo cuerpo de agua pasivo, en épocas de fuertes precipitaciones ha sido el causante de inundación por desbordamiento y socavación de las márgenes.
- Durante el del Fenómeno de la Niña 2010- 2011 este sistema subió sus niveles, en forma atípica, hasta el punto tal que causó la inundación de una franja de la zona rural del distrito de Santa Marta. Teniendo en cuenta esta última situación se consideró necesario realizar el análisis de la amenaza de inundación por

desbordamiento para determinar las recomendaciones para los diseños de las obras a implementar en esa zona.

8.3. Metodología de Análisis de la amenaza de Inundación por Desbordamiento

Este análisis se tuvo en cuenta la diferencia de caudales arrojados y las cotas de diseños que se presenta, en la condición natural de la quebrada tomada topobatimetricamente y el caudal de desborde arrojada por la modelación Hidráulica para los diferentes periodos de retornos, con la metodología aplicada para calcular las cotas de diseños en la Modelación Hidráulica y con las cotas arrojadas se implementan los diseños de las estructuras de mitigación de la amenaza de inundación por desbordamiento y Socavación Lateral de las quebradas y evitar la erosión.

8.3.1. Análisis de amenaza de inundación por desbordamiento según caudales arrojados por la modelación, caudales arrojados para las diferentes crecientes

- **Caudales arrojados por la Modelación del río Manzanares**

Lámina de agua arrojada por la Modelación

Caudal de diseño para periodo de retorno 50 años, 209.41 m3/s
Caudal de diseño para periodo de retorno 200 Años, 249.29 m3/s

Lámina de agua arriba sección cra 4 =
Cota Fondo = -3.18 msnm
Tr 50 años = 2.20 msnm
Tr 200 años = 2.58 msnm

Lámina de agua Sección Desembocadura =
Cota Fondo = -3.99 msnm
Tr 50 años = 0.50 msnm
Tr 200 años = 0.92 msnm

Teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retornos, en condiciones actuales, el canal se desbordaría para creciente superior de 25 años, para lo cual la Amenaza es **ALTA.**

Una vez ejecutadas las obras de canalización y teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retornos el canal no se desbordará para creciente de 200 años por lo que para el Diseño se asume este caudal por seguridad cuya Amenaza es **BAJA.**

- **Caudales arrojados por la Modelación del río Gaira**

Caudal para periodo de retorno 5 años, 53,26 m3/s
Caudal de diseño para periodo de retorno 25 Años, 63,72 m3/s
Teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retornos el canal se desbordaría para creciente de 5 años cuya Amenaza es **ALTA.**

Teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retorno el canal no se desbordará para creciente de 25 años por lo que para el Diseño se asume este caudal por seguridad cuya Amenaza es **BAJA.**

- **Caudales arrojados por la Modelación de la quebrada Japón**

Caudal para periodo de retorno 50 años, 23.10 m3/s
Caudal de diseño para periodo de retorno 100 Años, 25.10 m3/s
Teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retornos el canal se desbordaría para creciente de 50 años cuya Amenaza es **ALTA.**

Teniendo en cuenta la Modelación y los caudales arrojados para distintos periodos de retorno el canal no se desbordará para creciente de 100 años por lo que para el Diseño se asume este caudal por seguridad cuya Amenaza es **BAJA.**

Tabla 10. Niveles de Amenaza por desbordamiento.

Nivel de Amenaza	Descripción
Alta	Si las estructuras que presentan las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, se encuentran en una cota inferior al nivel mínimo de inundación.
Media	Si las estructuras que presentan las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**,** se encuentran entre una cota superior al nivel mínimo de inundación.
Baja	Si las estructuras que presentan las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**,** se encuentran en una cota superior al nivel mínimo de inundación.

Estos umbrales se determinaron a partir de valores de caudales con periodos de retorno recomendados en los estudios hidrológicos e hidráulicos de cada uno de los cuerpos de agua y categorizando la amenaza como alta, media y baja. En la Tabla, se presenta dicha categorización.

Tabla 11. Categorización de la amenaza por desbordamiento de cauces menores

Nivel de Amenaza	Descripción
Alta	Cuando de desbordan caudales con periodos de retorno menores o iguales a 50 años.
Media	Cuando se desbordan caudales con periodos de retorno mayores a 50 años y menores de 100 años.
Baja	Cuando de desbordan caudales con periodos de mayores a 20 años.

8.4. Metodología para la evaluación local de la vulnerabilidad por inundación de tipo desbordamiento.

Para evaluar la vulnerabilidad que presentan que presentan para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, ante el fenómeno de inundación por desbordamiento se implementó la metodología descrita a continuación.

Pero antes de iniciar con dicha descripción, es preciso dejar claro que a nivel nacional no se ha definido un método o guía que dicte los lineamentos específicos para determinar la Vulnerabilidad de los elementos que conforman las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales Por tal razón, el presente estudio inició por hacer una revisión bibliográfica de las metodologías que a nivel nacional se han implementado para evaluar la vulnerabilidad de otro tipo de situaciones y mirar si las mismas son adaptables al caso en particular. Como resultados de dicha revisión se encontraron metodologías que evalúan la vulnerabilidad para procesos industriales y otras que lo hacen para estructuras civiles.

De estas metodologías se identificó una que evalúa el riesgo a través del análisis de los colores[8] , y que se consideró como la más propicia y adecuada para determinar la vulnerabilidad de los elementos que conforman el proyecto; lógicamente sometiéndola a una adaptación.

Dicha adaptación consistió básicamente en aplicar, el método de rombos que la metodología de análisis de los colores usa para definir el riesgo, pero en este caso para definir la vulnerabilidad.

[8] La metodología de análisis de riesgos por los colores se encuentra plasmada en la Guía para elaboración de Planes de Contingencia elaborado por el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

Así las cosas, se inició por establecer cuatro variables o criterios que en conjunto, permitieran determinar qué tan vulnerable son cada uno de los elementos que conforman el proyecto, expuestos a la amenaza de inundación por desbordamiento. Así también que permitieran determinar la capacidad intrínseca de cada elemento y sus posible comportamientos frentes a las diversas posibilidades de ser afectadas por este evento.

Es decir, se debe identificar los elementos expuestos sobre el mapa de susceptibilidad y/o amenaza por encharcamiento local y de acuerdo con su ubicación dentro de los rangos de calificación de la amenaza (no expuesta, baja, media y alta); se tendrán en cuenta las cuatro variables para la evaluación de la vulnerabilidad física y funcional.
Para el caso particular las variables definidas fueron: Exposición, Disponibilidad, Afectación y Operatividad, cada uno de los cuales se describe y categoriza en la Ilustración 45 y Tabla 18.

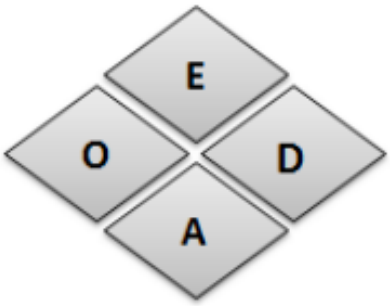


Ilustración 32. Diamante Definido para la Evaluación del Vulnerabilidad de los elementos que conforman las obras del INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES.

Tabla 12. Definición de Criterios para la definición de la Vulnerabilidad.

Criterio	Definición del Criterio	Categorización del Criterio
Exposición (E) Es Directamente Proporcional	Se refiere al grado de exposición que el elemento tiene con respecto a la amenaza de encharcamiento local, por lo tanto, el mismo se define a partir del plano de amenaza local elaborado para cada municipio.	**No Aplica:** Cuando el elemento expuesto no se encuentra sobre ninguno de los niveles de amenaza por encharcamiento (alto, medio y Bajo)
		Alta: Cuando el elemento se encuentra localizado en una zona de alta amenaza local por encharcamiento
		Moderada: Cuando el elemento se encuentra localizado en una zona de moderada amenaza local por encharcamiento
		Baja: Cuando el elemento se encuentra localizado en una zona de alta amenaza local por encharcamiento.
Disponibilidad del Elemento (D)	Se refiere a la protección con la que cuenta cada elemento del	**Alta:** Cuando el elemento se encuentra localizado sobre la superficie terrestre.

	sistema frente a la amenaza por encharcamiento. Dicha protección depende de la forma como es localizado el elemento, ya sea que se encuentre en la superficie terrestre (sobre), elevado (encima) o subterráneo (bajo).	**Moderada:** Cuando el elemento se encuentra localizado en forma elevada o encima.
		Baja: Cuando el elemento se encuentra localizado en forma subterránea o abajo.
Afectación (A)	Cuando este entra en contacto de manera directa con el agua y como lo puede afectar de manera directa o indirecta en la continuidad del servicio, depende mucho del contexto y el lugar (se basa en el criterio)	**Alta:** Cuando el elemento expuesto está en contacto
		Moderada: Cuando el elemento expuesto esta medianamente afectado
		Baja: Cuando el elemento expuesto el evento no lo afecta
Operatividad (O)	Cuando hablamos de la continuidad del servicio por la redundancia del sistema y por la capacidad de recuperación (rehabilitación y reconstrucción) y capacidad de resiliencia de los elementos expuestos. Depende de las circunstancias propias de los elementos frente, al territorio y al contexto de mismo.	**Alta:** Cuando para las operaciones se debe reconstruir o construir nuevamente la estructura, afectando negativamente la continuidad del servicio y las condiciones de normalidad en los sectores (salud, educación, económico, agrícola, etc.), por un tiempo significativo, generando otras situaciones de riesgo asociadas al evento principal.
		Moderada: Cuando el sistema funciona parcialmente, se puede rehabilitar de manera inmediata, generando alteraciones manejables en la continuidad y distribución del servicio, generando impactos no muy severos sobre la cotidianidad del territorio.
		Baja: El sistema funciona de manera continua y además se repara Fácilmente sin interrumpir el servicio o por pocas horas (tanque de reserva) y su capacidad de resiliencia es alta. No afectando la normalidad y cotidianidad del servicio y este sobre la sociedad.

Con los criterios claros, se pasa entonces a calificar cada uno, sobre cada elemento que conforman las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES

.

De esta forma se obtiene un diamante con cuatro rombos cuyos colores dependen de la categorización que obtuvo cada criterio.

Sobre la base de los resultados anteriores y utilizando el cuadro de evaluación de la vulnerabilidad o cuadro de decisión (Tabla), fue identificado el nivel de vulnerabilidad de cada elemento.

Tabla 13. Tabla de Descripción del Nivel de Vulnerabilidad de cada elemento que conforma las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales.

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

Fuete: Guía para elaboración de Planes de Contingencia elaborado por el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – FOPAE, 2012.

8.5. Metodología para la evaluación local del nivel de riesgo de afectación por inundación por desbordamiento.

Antes que todo es preciso aclarar que el presente proyecto determinó el riesgo que presentan las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**,** de sufrir un impacto negativo por causa de un evento de inundación provocado por desbordamiento de la quebrada Japón.

Entiéndase por impacto negativo el representado en pérdidas o daños que puede sufrir los elementos de las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, hasta el punto de afectar su normal funcionamiento, operatividad y continuidad del servicio y deterioro ambiental.

Para poder determinar de forma clara e integral este tipo de riesgo, es lógico que se deba partir del análisis del cruce la amenaza de inundación con la vulnerabilidad de las infraestructuras analizadas ante dicha amenaza.

Para hacer un análisis objetivo de este cruce, el presente proyecto aplicó una adaptación de una de las metodologías, para estimación de riesgos, incluida en la Guía para elaboración de Planes de Contingencia elaborado por el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – FOPAE.

Dicha adaptación metodológica utiliza la "Matriz de Riesgo" incluida en la guía antes mencionada y que contiene la valoración de los factores que contienen el Riesgo: (Amenaza y Vulnerabilidad), basados sobre la ecuación de riesgo:

$$R = \begin{cases} \\ A, V \\ \\ \end{cases}$$

Es decir, el riesgo en función de la amenaza y la vulnerabilidad, en otras palabras, si aumenta la amenaza, crece el valor del riesgo y si aumenta la vulnerabilidad de igual manera asciende la calificación del riesgo.

Así las cosas, la aplicación de la metodología parte de conocer la valoración de la amenaza y la vulnerabilidad de manera cualitativa: (bajo, medio y alto). Luego correlaciona dichos valores con el método del semáforo como sigue:

Bajo: Verde
Medio: Naranja
Alto: Rojo

De esta forma se obtuvo la matriz de riesgo particularizada que se muestra en la Figura y que básicamente consta de tres columnas y tres filas que dan como resultado nueve posibles niveles de riesgo, que para el caso se resumen en tres (Bajo (B), Medio (M) y Alto (A)), teniendo en cuenta las diferentes combinaciones de la ponderación de la amenaza y la vulnerabilidad. (Ver Tabla).

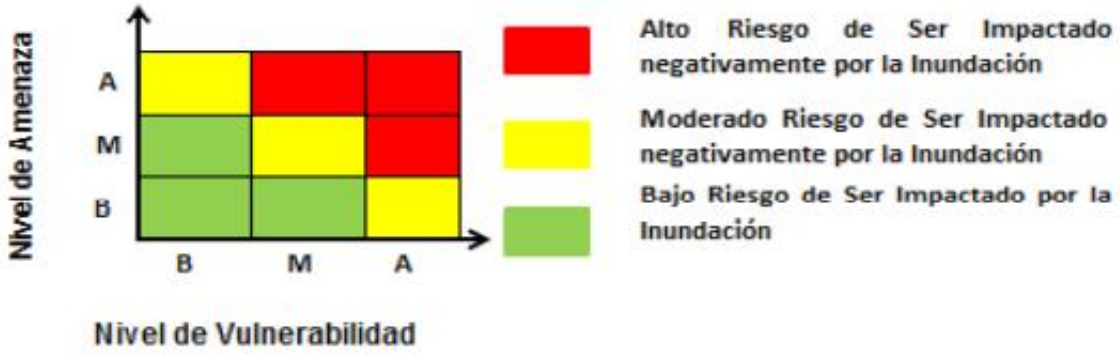


Ilustración 33. Matriz para definición del Riesgo que las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, de sufrir un impacto negativo por causa de un evento de inundación provocado por fuertes precipitaciones

Tabla 14. Combinaciones con niveles del riesgo que resultan de la matriz de riesgo.

Amenaza (A)	Vulnerabilidad (V)	Riesgo (R)
B	B	B
B	M	B
M	B	B
B	A	M
M	M	M
A	B	M
A	M	A
M	A	A
A	A	A
No Aplica	A,M,B	No existe riesgo

8.5.1 Metodología para la Evaluación del riesgo que presentan para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES de ser impactadas negativamente por los procesos de socavación.

Según los estudios previos, el alcance del estudio local corresponde a realizar la evaluación del riesgo que presentan las obras del Proyecto INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES**,** de ser impactadas negativamente por los procesos de socavación lateral de ríos, cuando aplique.

Bajo este alcance y para efectos de determinar dicho nivel, el presente estudio aplicó dos procedimientos metodológicos una metodología que al igual que las antes descritas, inicia por definir el nivel de amenaza (para el caso particular el nivel de amenaza local por socavación lateral de la quebrada), luego define el nivel de vulnerabilidad que presentan los proyectos ante la amenaza, y finalmente, a partir del cruce de la amenaza y vulnerabilidad, evalúa el nivel de riesgo.

8.6. Determinación del nivel de amenaza local por socavación lateral.

En términos generales, para determinar el nivel de amenaza local por socavación lateral de la quebrada al que están expuestos las obras del Proyecto INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, se parte de los resultados del estudio de Modelación Hidráulica y testimonios históricos de la comunidad de la zona y de la visita de expertos en Ingeniería Hidráulica, para verificar que los sectores a Intervenir esté interactuando con el área de socavación allí determinada.

Si el proyecto no es “tocado” por esta zona de socavación, quiere decir que no está expuesto a la amenaza y por tanto no hay riesgo de que sea impactado negativamente por la materialización del proceso de socavación lateral de los cuerpos de agua. En este caso no se desarrolla el estudio local de amenaza.

En caso contrario, cuando el proyecto si es” tocado” por la zona de socavación, entonces si está expuesto a la amenaza y por tanto presenta riesgo de ser impactado negativamente. En este caso se desarrolla el estudio local de amenaza.

En caso contrario, cuando el proyecto interactúa con la amenaza de socavación lateral local, quiere decir que puede presentar riesgo de ser impactado negativamente por el proceso de socavación lateral de la quebrada. En este caso la amenaza es ALTA y es necesario continuar con el análisis para determinar el nivel de vulnerabilidad y riesgo del proyecto.

A continuación, se describe el procedimiento para determinar la vulnerabilidad del proyecto ante la amenaza por socavación lateral de la quebrada.

8.6.1. Determinación del nivel de vulnerabilidad local por socavación lateral de los cuerpos de agua.

El nivel de vulnerabilidad se determinó tomando como criterio de calificación, el tipo de material del que está conformada la zona que está expuesta a la amenaza local por socavación lateral, y más específicamente la zona donde se ubican las Obras del Proyecto.

Se toma este criterio de calificación, porque el tipo de suelo es determinante para saber el nivel de resistencia que tiene una zona al proceso de socavación; entonces, si el suelo presenta poca resistencia al proceso de socavación, las estructuras que se construyan sobre este, serán más vulnerables que las estructuras construidas sobre suelos muy resistentes.

Sobre la base del fundamento anterior se plasman los siguientes criterios para determinar el nivel de vulnerabilidad que un proyecto tiene ante la amenaza de socavación lateral de la quebrada (Ver Tabla 21).

Tabla 15. Criterio ara la calificación del nivel de vulnerabilidad por socavación lateral.

Nivel de Vulnerabilidad	Condición
ALTO	Cuando el tipo de material del terreno donde están localizadas el proyecto expuesto a la amenaza, es de tipo no cohesivo.
BAJO	Cuando el tipo de material del terreno donde están localizadas el proyecto expuesto a la amenaza, es de tipo cohesivo.

El tipo de suelo y su grado de cohesividad se determina de la geología de la zona, representado en un mapa y el Estudio de suelos realizado a la zona.

Sobre este mapa se superpone el perímetro de la mancha de socavación local, y a cada tipo de suelo delimitado sobre esta área se le asigna un grado de cohesividad de acuerdo con el criterio del profesional experto en geotecnia del presente estudio. Con el grado de cohesividad definido, se determina el nivel de vulnerabilidad que el proyecto o las zonas tienen frente a la socavación.

8.6.2. Metodología para la evaluación local del nivel de riesgo de afectación por socavación lateral.

La metodología para determinar el riesgo que presentan las obras del Proyecto INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, y zonas adyacentes de ser impactadas negativamente por el fenómeno de socavación lateral de la quebrada, fue la misma que se utilizó para determinar el riesgo por inundación por desbordamiento.

8.7. Metodología o aspectos a tener en cuenta para el planteamiento de recomendaciones para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, desde la perspectiva del nivel de riesgo.

Sobre el riesgo podemos resumir su intervención a niveles de eliminación del riesgo, es decir que **R=0**, y esto podría suceder con acciones prospectivas del riesgo; es decir, desde la planificación del diseño de las obras de implementación. De manera anticipada conociendo los escenarios de amenazas y sus niveles se puede optar por No exponer las obras y su entorno, por lo tanto, no generar nuevos elementos bajo niveles de riesgo y por ende nuevos escenarios de posibles daños y pérdidas.

El caso contrario es cuando exista elementos ya construidos y que, de acuerdo a su nivel de exposición, capacidad intrínseca del objeto mismo; que determina el grado de vulnerabilidad (física, funcional) de acuerdo al contexto, territorio, resistencia y capacidad de adaptación del elemento bajo esa condición de amenaza; que pone a prueba el funcionamiento del elemento para el cual fue diseñado, en valores de tiempo, resistencia, calidad y sostenibilidad.

En un segundo caso en que por razones de operatividad, hay que construir la estructura en zona de amenaza; el cual con anticipación su diseño debe tener en cuenta obras de mitigación de impacto, planes de continuidad del servicio, planes de contingencia, planes de rehabilitación y recuperación, para que cuando se presente un evento adverso, se pueda controlar y evitar así una situación de emergencia o desastres y de ser así, que demore el menor tiempo posible para reducir o mitigar las perdidas y daños directos o indirectos, asociadas a este evento.

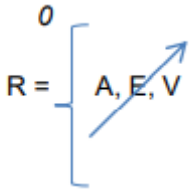
Para este caso se busca disminuir el riesgo existente a niveles de aceptabilidad, es decir hasta donde se pueda reducir al máximo los niveles de daño y perdida; R=r (aceptable), no se trata de aceptar el riesgo, sino de hacerlo lo más pequeño posible o desarrollar acciones de redundancia del sistema, para lograr mayor capacidad de resiliencia del sistema.

Para mitigar el riesgo se pude lograr si podemos intervenir dos variables o tres que conforman el riesgo, que son la amenaza (A), la exposición (E) y la vulnerabilidad (V).

$$R = \{ A, E, V$$

Situación No 1.
Ideal R=0
Ningún elemento expuesto a ningún nivel de amenaza, es decir E=0.

- Caso A: intervención prospectiva: no hay elemento construido, se ejecuta obra donde no exista zona de amenaza, entonces R=0 (por inundación).
- Caso B: intervención correctiva, cuando el elemento está bajo situación de amenaza; para R=0 hay de reubicar, por lo tanto, se debe intervenir la E.



Su interpretación puede ser que el elemento no está expuesto E=0 o que su condición intrínseca de debilidad o resistencia, no la hace vulnerable bajo estas condiciones propias de este contexto V=0.

Situación No 2
Riesgo Mitigable R=r (aceptable) = la mayor reducción del riesgo posible y probable.
Cuando el elemento ya se encuentra en condiciones de riesgo, y de acuerdo a su funcionabilidad, operatividad; realizamos acciones de reducción con el ánimo de bajar la calificación de Riesgo; ejemplo de R=alta a R=baja o media de acuerdo al caso.

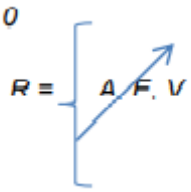
Estas acciones pueden ser a través de medidas estructurales (obras de mitigación e intervención) y medidas no estructurales (planes de continuidad o contingencia, entre otros).

Para este caso y reducir el riego, se debe intervenir alguna de las tres variables de acuerdo al contexto, su posibilidad, probabilidad, costo beneficio y función social.

Medidas Estructurales

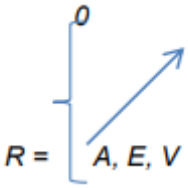
- Si la estructura se encuentra cerca de una lámina de agua, y que, por sus condiciones de localización y topografía, entre otras se inunda: Caso 1: Intervenir la amenaza:

Caso 1: Intervenir la amenaza:



Puede ser interviniendo la sección hidrográfica en su volumen, por ejemplo, dragado por acumulación de sólidos y basuras, desviar la fuente de agua, siempre y cuando no afecte a otros sujetos y objetos aguas abajo, y la dinámica natural lo permita, siempre debe priorizar lo físico natural sobre los físicos construidos.

Caso 2: Intervenir la vulnerabilidad:



Con obras que hagan más resistente la estructura, o que mejoren su forma, para mejorar el grado de debilidad frente a los impactos de la inundación, a través del reforzamiento estructural (inundaciones súbitas), u obras que sirvan de pantallas que desvíen, disipen o aíslen, el elemento a proteger (muros de contención, canales, obras de arte, etc.).

O generando sistemas con redundancia para garantizar la operatividad, funcionabilidad y continuidad del servicio, para el cual fue diseñado (plantas en paralelo).

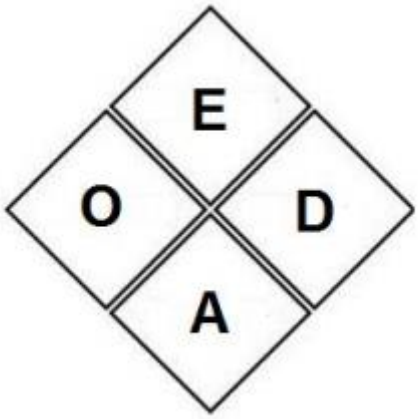
Medidas No Estructurales:

Con referencia a las medidas no estructurales, estas ayudan a que el sistema se pueda adaptar a las situaciones de crisis; permitan establecer acciones de recuperación y del manejo de la emergencia, buscando restablecer los procesos de normalidad en el menor tiempo posible.

Además de establecer estrategias de rehabilitación y recuperación del elemento impactado, evitando más y mayores pérdidas directas o indirectas, no solo sobre los daños o perdida de la estructura, sino al igual reduciendo los impactos negativos por la no prestación del servicio que puede afectar a mas sectores (salud, empleo, educación, económicos, etc.)

Conclusión

En la intervención de la vulnerabilidad para esta metodología, se debe intervenir las variables consideradas, sin embargo, no significa que existan otras acciones que permitan reducir la vulnerabilidad.



De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta los elementos expuestos, el territorio, su contexto, funcionabilidad, entre otras, se aplicará los argumentos y casos para proponer de manera generalizada los posibles acciones, sugerencias, orientaciones y recomendaciones para la no construcción de nuevos riesgos, hacia los elementos aun no edificados, al igual que para la mitigación del riesgo correctivo sobre los elementos ya expuestos.

8.8. Metodología Implementada para la Evaluación y Selección de Alternativas

De acuerdo con los Estudios Previos en este capítulo se presentará las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo, considerando las restricciones naturales y técnicas. Se plantea estudiar y comparar las distintas alternativas propuestas frente al costo estimado y la factibilidad técnica de implementación, los recursos económicos disponibles, y las conclusiones del análisis costo/beneficio.

Así las cosas, el análisis para la selección de alternativas se desarrolló en dos subcapítulos; en el primero se plantea el esquema o dimensionamiento de cada una de las alternativas de mitigación del riesgo propuestas, y en el segundo se desarrolla un análisis para evaluar a cada una de ellas desde el punto de vista económico, técnico y ambiental y de esa forma seleccionar la más adecuada.

8.8.1. Diseño de las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo.

En este subcapítulo se plasman las alternativas propuestas para la mitigación del riesgo, destacando sobre cada una de ellas los siguientes aspectos:

- Descripción general.
- Predimensionamiento de las mismas.
- Principales características desde el punto de vista de los métodos constructivos que se aplican,
- Nivel de impacto que podría causar al ambiente donde se implementará,
- Estimación de los costos
- Costos del proyecto que se pretenden proteger con la alternativa de mitigación.

8.8.2. Selección de la Alternativa para mitigar el riesgo

En este subcapítulo se agotan dos fases secuenciales para efectos de seleccionar la alternativa más adecuada:

- En la primera fase se determina la factibilidad económica de las alternativas de mitigación planteadas teniendo en cuenta un análisis costos – beneficio.
- En la segunda fase se selecciona la alternativa más adecuada, cuando hay más de una que es factible desde el punto de vista económico.

Fase 1 - Determinación de la Factibilidad Económica de las Alternativas Planteadas.

Para determinar la factibilidad económica de las alternativas planteadas se desarrolló un análisis que básicamente partió de la comparación de los costos en los que podría incurrir al materializarse los dos escenarios que se mencionan a continuación:

- Implementar la alternativa de mitigación propuesta (Escenario 1).
- Mantener las condiciones actuales (Escenario 2)

Para hacer dicha comparación fue necesario estimar los cotos de los dos escenarios anteriores de la siguiente forma:

- **Costo de Implementar la Alternativa de Mitigación propuesta:** Los costos de implementación de la alternativa de mitigación son calculados en forma estimada según ítem que conforman la implementación del proyecto, tomando como costos de referencia los estipulados en los contratos.

- **Costos de mantener las condiciones actuales:** Los costos de este escenario se calculan teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.
  - ✓ Este cálculo parte del hecho de que no se ejecutará la alternativa de mitigación de riesgo y por tanto el proyecto y la zona serán afectados por los eventos amenazantes, cuando se materialicen.
  - ✓ Los eventos amenazantes se materializarán una vez cada que trascurra el periodo de retorno propio del nivel de riesgo al que está expuesto el proyecto (esto no quiere decir que no exista la probabilidad de que se presenten más de un evento amenazante en ese periodo de retorno).
  - ✓ Cada vez que trascurra este periodo de retorno y por tanto cada vez que se materialice el fenómeno amenazante, se considerará que las obras y

su entorno, está expuesta al nivel de riesgo, se verá afectada y por tanto demandará una inversión a quien corresponda, para su rehabilitación.

- ✓ El costo de la inversión que se necesitará para la rehabilitación de las obras puntuales, después de ser afectado por el evento amenazante, estará representado como el porcentaje de pérdida (PP) por el costo de la obra (CO). Los PP se presentan en la Tabla 22, teniendo en cuenta el tipo de estructura afectada y el fenómeno amenazante (desbordamiento, encharcamiento y socavación).

Tabla 16. Porcentaje de Perdidas (PP) de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, afectadas después de la materialización de un fenómeno amenazante.

Tipo de Elemento Especifico	PP (%) Desbordamiento	Justificación
Proyecto intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales	100%	En este caso se considera que todos los módulos y elementos que conforman el proyecto se afectarían y por tanto deben ser rehabilitados en su totalidad.
Distrito de Santa Marta	100%	En este caso se considera que se afectarían y por tanto deben ser rehabilitados en su totalidad, si el área de la ciudad es afectada se hace el análisis.
Tipo de Elemento Especifico	**PP (%) Encharcamiento**	**Justificación**
Proyecto Obras de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales	80%	En este caso se considera que los módulos y elementos que conforman el proyecto, se afectarían desde el punto de vista operativo y físico, pero se considera que desde el punto de vista físico no se afectaría en su totalidad, sino en 50%. Entonces los costos de rehabilitación de estos proyectos se verían reflejados en la suma de un 50% de costos para rehabilitación física y un 30% del costo para la puesta en marcha.
Distrito de Santa Marta	80%	En este caso se considera que los elementos que conforman la Infraestructura de la ciudad se afectarían desde el punto de vista operativo y físico, pero se considera que desde el punto de vista físico no se afectaría en su totalidad, sino en 50%. Entonces los costos de rehabilitación de estos proyectos se verían reflejados en la

		suma de un 50% de costos para rehabilitación física y un 30% del costo para la puesta en marcha.
Tipo de Elemento Especifico	**Socavación**	**Justificación**
Proyecto Obras de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales	0%	Para el caso particular, las zonas donde se localizan las obras, como espolones y gaviones, si están expuestas a la amenaza por socavación lateral de ña quebrada, por tanto, sufrirían perdidas por este fenómeno.
Distrito de Santa Marta	100%	Para el caso particular, las zonas donde se localizan estos elementos si están expuestas a la amenaza por socavación lateral de la quebrada, por tanto, si sufrirían perdidas por este fenómeno.

- **Los costos de rehabilitación se invertirán, tantas veces como ocurra el evento amenazante, durante la vida útil del proyecto.**

Con estas consideraciones claras el costo del escenario en mención se calcula a partir de la siguiente formula.

$$CCA=(VU/PERA)Xcrp$$

Dónde:
CCA = Costo mantener las condiciones actuales
VU= Vida útil del proyecto (tiempo).
PERA = Periodo de retorno del fenómeno amenazante (tiempo).
CRP = costo de rehabilitación del proyecto después de ser afectado = PP x CO
PP = Porcentaje de pérdida de la obra
CO = Costo obra.

Después de calcular los costos de los dos escenarios anteriores, se procede a hacer la comparación de estos con el objeto de determinar si finalmente la alternativa planteada es factible desde el punto de vista de los costos que representa frente al escenario de no hacer nada.

Cuando la alternativa de mitigación presenta costos mayores a los costos de rehabilitación del proyecto de acueducto y alcantarillado después de ser impactado tantas veces se materialicen los fenómenos amenazantes durante su vida útil, la alternativa NO ES FACTIBLE.

Cuando la alternativa de mitigación tiene costos menores a los costos de rehabilitación del proyecto de acueducto y alcantarillado después de ser impactado tantas veces se

materialicen los fenómenos amenazantes durante su vida útil, la alternativa SI ES FACTIBLE.

Fase 2 - Selección de las alternativas clasificadas como factibles desde el punto de vista económico.

Esta fase se aplica cuando en el análisis de factibilidad económica hay dos o más alternativas, planteadas para mitigar el riesgo de un mismo elemento específico o proyecto, que clasifican como factibles. Entonces y para seleccionar la más adecuada, se evalúa sobre cada una de ellas, los criterios técnicos, económicos y ambientales que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 17. Criterios definidos para la evolución de las Alternativas Propuestas.

No	Criterio	Descripción del Criterio	Categorías del Criterio.	Valor de la categoría del Criterio
C1	Costo de la alternativa de mitigación del riesgo.	Se refiere al costo estimado que presenta la obra para su construcción.	Cuando la alternativa presenta el menor costos de todas las alternativas	5
			Cuando la Alternativa presenta un costo intermedio entre la alternativa de mayor costo y la de menor costo.	3
			Cuando la alternativa presenta el mayor costo de todas las alternativas	1
C2	Métodos constructivos	Se refiere al grado de complejidad del método constructivo que se debe implementar para la ejecución de la obra.	Cuando el método constructivo demanda la utilización de maquinarias, equipos y profesionales especializados, y que no se encuentran fácilmente en el área de estudio.	1
			Cuando el método constructivo no demanda la utilización de maquinarias, equipos y profesionales especializados, y que se encuentran fácilmente en el área de ejecución de la obra	3
C3	Nivel Impacto ambiental	Se refiere al nivel de impacto que podría generar la alternativa en el entorno o área de influencia del proyecto.	Cuando la alternativa presenta un nivel de impacto insignificante.	3
			Cuando la alternativa presenta un nivel de impacto significativo.	2

			Cuando la alternativa presenta un nivel de impacto muy significativo.	1
C4	Necesidad de contar con permisos institucionales	Se refiere a la necesidad que tiene la alternativa de mitigación del riesgo, de tramitar y obtener permisos institucionales (Autoridades Ambientales, ministerio del interior, INCODER, ICANH, etc,) para su implementación o ejecución.	Cuando la alternativa de mitigación del riesgo no demanda el tramite u obtención de un permiso permisos institucionales para su implementación o ejecución.	3
			Cuando la alternativa de mitigación del riesgo demanda tramitar y obtener permisos institucionales para su implementación o ejecución.	2
			Cuando la alternativa de mitigación del riesgo demanda tramitar y obtener dos o más permisos institucionales para su	1

Las alternativas que obtienen mayor puntaje son las seleccionadas para efectos de mitigar el riesgo que presentan cada uno de los proyectos.
Ahora bien, es importante aclarar que el criterio de Nivel de Impacto Ambiental fue valorado a su vez de la siguiente forma.

- **Valoración del Criterio Nivel de Impacto Ambiental.**

La valoración del criterio nivel de impacto ambiental se hizo a partir de un análisis cualitativo que buscó verificar si la alternativa de mitigación del riesgo planteada provocará **CAMBIOS IRREVERSIBLES** sobre los elementos biofísicos del entorno o área donde se construirá. Para el efecto se considera como **CAMBIOS IRREVERSIBLES** los siguientes:

- ✓ Cambio en las características fisicoquímicas y morfológicas del suelo.
- ✓ Intervención permanente de cauces.
- ✓ Cambio en los patrones de drenaje de la zona, o Introducción de elementos que alteran la visual paisajística,
- ✓ Remoción de cobertura vegetal y por tanto ayuntamiento definitivo de fauna asociada a la flora.

Entonces si la obra no ocasiona ninguno de estos cambios se tiene que la misma presenta un nivel de impacto insignificante, cuando la obra ocasiona por lo menos uno de estos cambios se tiene que la misma presenta un nivel de impacto significativo y cuando la obra ocasiona dos o más de estos cambios se tiene que la misma presenta un nivel de impacto muy significativo (Ver Tabla 24).

Tabla 18. Criterio para definir el Nivel de Impacto Ambientales de las Alternativas Planteadas.

Criterio para la valoración del impacto.	Nivel de Impacto ambiental que ocasiona la alternativa.
Cuando la obra la alternativa no ocasiona cambios irreversibles sobre los componentes biofísicos del medio ambiente	Insignificante
Cuando la obra ocasiona un cambio irreversible sobre los componentes biofísicos del medio ambiente.	Significativo
Cuando la obra ocasiona dos o más cambios irreversibles sobre los componentes biofísicos del medio ambiente	Muy Significativo

8.9. Metodología Implementada para el planteamiento de los lineamientos para el manejo de las contingencias.

El objetivo del presente Capítulo es identificar las contingencias que se pueden presentar durante las actividades de construcción de las obras del Proyecto Obras de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, Una vez establecido el origen, las causas, el componente afectado y el riesgo, se identificaron los posibles impactos y sus respectivas medidas o controles en la etapa de construcción y operación de los sistemas enmarcados dentro del plan de acción.

El desarrollo del presente capítulo se hará de la siguiente manera:
Primero se describen los elementos que componen las obras Proyecto Obras de las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales Posteriormente, se desarrollará la identificación de contingencias considerando la amenaza que afecta a cada uno de los componentes identificados. Y por último se plantean los planes de acción que se deben aplicar a cada contingencia.

9. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO QUE PRESENTAN LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES POR INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO.

9.1. Evaluación local de la Amenaza de inundación por desbordamiento.

Como se explicó en el capítulo metodológico la amenaza por Inundación por desbordamiento se tuvo en cuenta las consideraciones que se reiteran a continuación.

- Se tuvo en cuenta primero que todo la cercanía de los proyectos, con respecto a un cuerpo de agua que por sus características hidráulicas haya causado inundaciones por desbordamiento a nivel histórico. Para el caso particular, se podría decir que el cuerpo de agua cercanos a la zona donde se localizan los proyectos, que ha sido causante de inundaciones por desbordamiento son los arroyos, que es un cuerpo de agua pasivo que, en temporada invernal intensa, tiende a desbordarse y es el causante de inundación en las zonas analizadas.

9.2. Análisis de Resultados de Desbordamiento de los cuerpos de agua, los caudales arrojados por la Modelación de Simulación para diferentes crecientes

Después de realizar el análisis de diferencia de caudales y cotas de diseños entre los niveles del canal natural y las cotas para diferentes periodos de retornos se determina si los elementos analizados son afectados o no si llegare a ocurrir la crecida en las cotas arrojadas por la modelación para los distintos periodos de retornos lo cual se toman cotas de la Topografía de Campo del Canal en cada uno de los sectores analizados y se promedia y se contrarrestan con los caudales y cotas arrojadas para el diseño para distintos periodos de retornos así se determina el Riesgo.

10. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO QUE PRESENTAN LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, DE SER AFECTADOS POR EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN POR ENCHARCAMIENTO.

Antes de mostrar los resultados del análisis del riesgo que presentan Las intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales, de ser afectados por el fenómeno de inundación por Encharcamiento, es preciso recordar que este análisis se realiza sobre las zonas del Proyecto y áreas aledañas teniendo en cuenta la topografía del terreno, con esto claro, se muestran a continuación los resultados de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por encharcamiento para este proyecto.

10.1. Evaluación local de la amenaza de inundación por encharcamiento.

Como se explicó anteriormente lo primero que se debe verificar es si en la zona donde se localizan los elementos específicos de los proyectos, cumple por lo menos con una de las tres consideraciones que se reiteran a continuación:

- Que la zona donde se realizaran los proyectos, presente características geomorfológicas planas.
- Que la zona no cuente con drenajes suficientes para la evacuación de aguas lluvias.
- Que durante la historia del área de estudio se hayan presentado inundaciones de tipo encharcamiento.

Para el caso particular la zona donde se localiza el proyecto y el entorno se constituye de un terreno con características geomorfológicas semionduladas y pendientes relativamente inclinadas que direccionan las aguas de escorrentías hacia el río Manzanares, pero en secciones de terrenos semionduladas se produce inundación por encharcamiento y se produce la inundación por desbordamiento de la quebrada, que por precipitaciones intensas se produce estancamiento de aguas.

Según estos Criterio la zona es Catalogada en Amenaza Alta por encharcamiento producida por inundación por desbordamiento de los diferentes cuerpos de agua mencionados en el presente análisis y por precipitación intensa.

En cuanto a la segunda consideración se tiene que el drenaje de la zona donde se localiza el proyecto y su área de influencia este se encuentra por debajo de la cota de inundación por desbordamiento teniendo en cuenta los periodos de retorno recomendados en los análisis hidráulicos por lo que sí es inundable en algunas zonas si se encharcaría el agua por precipitación y desbordamiento. Y según el IDEAM es una zona inundable catalogada en Amenaza ALTA. En el análisis de inundación por desbordamiento, según los caudales arrojados por la Modelación, se pudo corroborar que los drenajes naturales de las zonas aledañas son insuficientes y están niveles por debajo de la quebrada donde no hay medidas de Mitigación o intervención se desbordaría la quebrada para eventos de precipitación por lo que están expuestos, como se corroboro en el Análisis de Inundación por desbordamiento donde se dan las recomendaciones para los diseños que se deben tener en cuenta.

Ilustración 34. Zona Susceptible a inundación Amenaza BAJA según IDEAM

11. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, DE SER IMPACTADAS NEGATIVAMENTE POR LOS PROCESOS DE SOCAVACIÓN LATERAL DE LA QUEBRADA.

Como resultados del análisis de riesgo de socavación lateral del río se obtuvieron los siguientes:

11.1. Determinación del nivel de amenaza local por socavación lateral.

Como se explicó anteriormente, lo primero que se debe saber para abordar este análisis, es si existe algún proyecto o infraestructura que este expuesto o sea tocado por la amenaza regional de socavación lateral de la quebrada.

De esta forma se inicia por revisar la zona del proyecto para ver si es afectado por la socavación lateral. Para tal fin este estudio utilizó fotografías tomadas en la zona.

11.2. Determinación del nivel de vulnerabilidad local por socavación lateral

Como se explicó anteriormente, del presente informe, el nivel de vulnerabilidad por socavación se determinó tomando como criterio de calificación, el tipo de material del que está conformada la zona según análisis de Ingeominas en el Mapa Geológico de la Zona y el Estudio de suelos realizado en campo se determinó la amenaza local por socavación lateral, además teniendo en cuenta las fotografías de la zona es palpable

que las márgenes están siendo afectadas por el fenómeno de Socavación Lateral de la quebrada, y más específicamente la zona donde se ubican las estructuras analizadas.
Según la plancha de unidades geológicas que fue generada por el Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS) en el año 2007, y en la que se puede localizar al distrito de Santa Marta, el suelo donde se ubica la zona del proyecto pertenece a la unidad geológica Q-al, depósitos aluviales lo cual corresponde:

Geología de la zona del proyecto

En el área de estudio corresponde al sector rural donde se localizan los cuerpos de agua a intervenir, se caracteriza por ser **Depósitos de Llanura Aluvial (Qal)** estos están constituidos por la acumulación de cantos redondeados a subredondeados en una matriz areno-limosa y constituyen varias planicies y valles fluviales. Los cantos tienen una composición sedimentaria e ígnea, presentando un tamaño variado que va desde arcillas hasta gravas moderadamente clasificadas.

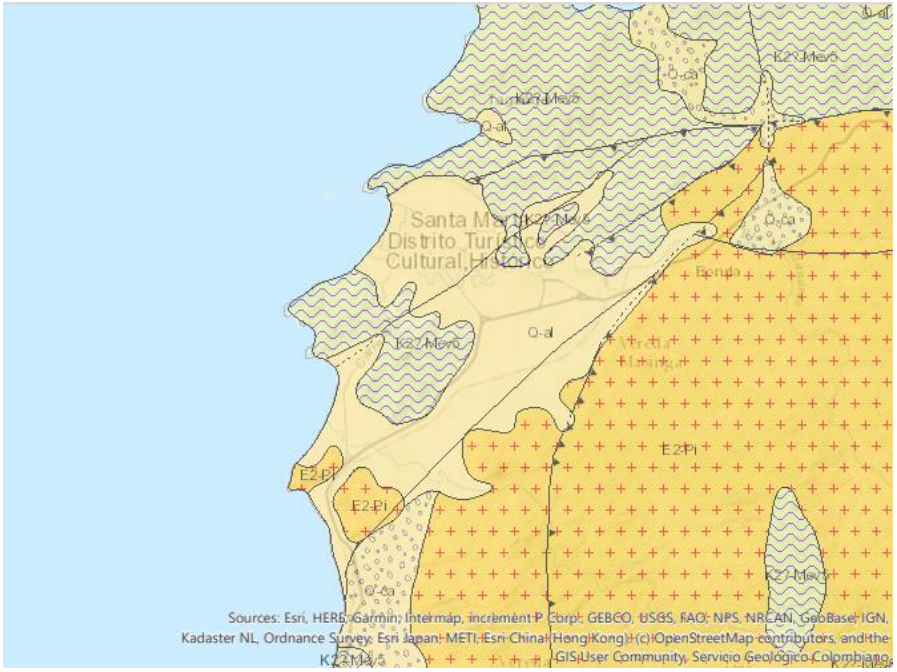


Ilustración 35. Geología de la zona del proyecto
Fuente: INGEOMINAS

11.3. Análisis del área de estudio por socavación

La socavación es la remoción de materiales del lecho de un cauce debido a la acción erosiva del flujo de agua alrededor de una estructura hidráulica. La socavación del fondo de un cauce definido es el producto del desequilibrio entre el aporte solido que trae el agua a una cierta sección y la mayor cantidad de material que es removido por el agua de esa sección.

Los parámetros que se utilizaran para determinar el inicio de socavación son diversos, dependen del tipo de suelo estudiado y la cercanía a cauces ya sean principales o secundarios, teniendo en cuenta las siguientes características determinaremos si el sitio de estudio es propenso a socavación:

- Los Suelos granulares se erosionan rápidamente mientras que los suelos arcillosos son más resistentes a la erosión.
- La profundidad máxima de socavación se alcanza en horas para suelos arenosos, en tanto que puede tardar días en suelos cohesivos, meses en piedras areniscas, años en piedras calizas y siglos en roca tipo granito.
- Es posible que varias crecientes se requieran para que se produzcan máxima profundidad de socavación dependiendo del tipo de material.
- Las zonas cercanas a los cauces principales presentan normalmente socavación debido a la capacidad que tiene el cauce de levantar y mantener
- Las inundaciones súbitas son más propensas a presentar socavación mientras que las lentas no.

Debido a las características de los suelos de la zona si se produjera fenómeno de socavación lateral de la quebrada debido a que se encuentran cerca a los cuerpos de aguas y el tipo de suelos es tendiente a producirse socavación lateral de quebradas.

Tabla 19. Riesgo de socavación del área de estudio.

Tipo de suelo	Arenas-Limosa, arcillosas, con piedras de varios tamaños, que va desde arcillas hasta gravas.
Cercano a cauce principal	Si
Cercanía a cauce secundario que desemboque en cauce principal	Si
Riesgo de socavación	Si
Recomendaciones	Para las Obras del Proyecto es necesario tener en cuenta las recomendaciones dadas por el estudio de suelo y Geotécnico

12. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

De acuerdo con los Estudios Previos en este capítulo se presentará las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo, considerando las restricciones naturales y técnicas. Se plantea estudiar y comparar las distintas alternativas propuestas frente al costo estimado y la factibilidad técnica de implementación, los recursos económicos disponibles, y las conclusiones del análisis costo/beneficio.

Lo anterior se desarrolló en dos subcapítulos, en el primero se planteó el esquema o dimensionamiento de cada una de las alternativas de mitigación del riesgo propuestas, y en el segundo se desarrolla un análisis de factibilidad económica de las alternativas planteadas y posteriormente un análisis para la selección de la más adecuada.

12.1. Diseño de las propuestas de medidas de mitigación de la amenaza y /o riesgo.

Se recomendaron algunas alternativas para la mitigación del riesgo. Se describen dichas alternativas, se realiza un pre-diseño que corresponde a un esquema dimensionado de las mismas, se resalta las principales características desde el punto de vista de los métodos constructivos que se aplican, se valora el nivel de impacto que podría causar al ambiente donde se implementará y se estima los costos de construcción y se expone un concepto sobre la necesidad de permisos institucionales que podría demandar la alternativa.

Así las cosas, para las INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y AMBIENTALES, se resaltan las alternativas propuestas para la mitigación del riesgo al que está expuesto el PROYECTO.

Tabla 20. Resumen de las Alternativas Propuestas para el Proyecto.

Elementos específicos que son protegidos por la medida de Mitigación	Tipo de Riesgo que se mitiga con las alternativas	Alternativas Propuestas para la Mitigación del Riesgo
intervenciones a los cuerpos de agua del distrito de santa marta para el mantenimiento y preservación de sus condiciones hidráulicas y ambientales	Inundación por desbordamiento, socavación lateral	Movilización y Desmovilización Equipos
		Localización, trazado y replanteo topográfico
		Remoción mecánica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topográfico
		Cargue, Retiro y disposición Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposición en Escombrera Certificada

Para más información, ver documento de Especificaciones Técnicas.

- **Mano de obra**
  Personal Profesional, Técnico, Tecnólogo, Operativo, Mano de Obra Calificada y No Calificada.

- **Valoración del nivel de Impacto que podría causar sobre el medio ambiente:**
  Por las características de esta alternativa, la misma podría incurrir en los siguientes cambios rreversibles sobre el medio ambiente
  El propósito de este proyecto es el mantenimiento con recursos de la sobretasa al peaje a las intervenciones realizadas en los ríos Manzanares y Gaira y las quebradas Japón y Bureche en la ciudad de Santa Marta.
  De esta forma y según el criterio de la Tabla Se tiene que esta alternativa presenta un nivel de impacto **SIGNIFICATIVO** sobre el medio ambiente.

- **Costos estimados de la Alternativa.**

Los costos estimados para la ejecución de esta alternativa son los que se relacionan en el presupuesto general de obra para los diferentes años.

AÑO 2023						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 131.639.004,00**
1.1	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	3,0	$ 43.879.668,00	$ 131.639.004,00
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 131.639.004,00**
					Aministración (23%)	$ 30.276.971,00
					Imprevistos (2%)	$ 2.632.780,00
					Utilidad (5%)	$ 6.581.950,00
					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 1.250.571,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 40.742.272,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 172.381.276,00**
II. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 169.284.400,00**
3.1	P - 3.5	Estudios y Diseños de Parque Lineal en áreas disponibles de Ronda Hidrica.	Glb	1,00	$ 169.284.400,00	$ 169.284.400,00
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 32.164.036,00**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 373.829.712,00**
					VALOR TOTAL DEL PERÍODO	**$399.997.792,00**

AÑO 2024						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 29.672.440,00**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 3.709.055,00	$ 29.672.440,00
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 5.660.477.876,42**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	67.732,23	$ 15.545,18	$ 1.052.909.707,15

2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	67.732,23	$ 40.036,60	$ 2.711.768.199,62
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 46.500.600,57	$ 558.007.206,84
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	6.000,0	$ 151.010,47	$ 906.062.820,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.250,0	$ 31.204,81	$ 70.210.822,50
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	7.031,25	$ 43.294,21	$ 304.412.414,06
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	5.156,25	$ 11.075,24	$ 57.106.706,25

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 5.690.150.316,42**

Aministración (23%)	$ 1.308.734.573,00
Imprevistos (2%)	$ 113.803.006,00
Utilidad (5%)	$ 284.507.516,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 54.056.428,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 1.761.101.523,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 7.451.251.839,42**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 881.356.161,36**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 246.260.339,29	$ 246.260.339,29
3.2	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	12,0	$ 35.256.288,78	$ 423.075.465,36
3.3	P - 3.4	Diseño de sistema de alerta temprana Río Manzanares.	und	1,0	$ 212.020.356,71	$ 212.020.356,71

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 167.457.670,66**

VALOR TOTAL OBRA	**$ 8.500.065.672,00**

AÑO 2025						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 31.513.407,20**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 3.939.175,90	$ 31.513.407,20
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 7.482.486.598,87**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	92.648,54	$ 16.509,65	$ 1.529.594.968,41

2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	92.648,54	$ 42.520,59	$ 3.939.470.583,44
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 49.385.637,33	$ 592.627.647,96
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	6.000,0	$ 160.379,61	$ 962.277.660,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.250,0	$ 33.140,85	$ 74.566.912,50
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	7.031,3	$ 45.980,31	$ 323.299.054,69
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	5.156,3	$ 11.762,38	$ 60.649.771,88

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 7.514.000.006,07**

Aministración (23%)	$ 1.728.220.001,00
Imprevistos (2%)	$ 150.280.000,00
Utilidad (5%)	$ 375.700.000,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 71.383.000,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 2.325.583.001,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 9.839.583.007,07**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.134.038.198,47**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 237.598.855,17	$ 237.598.855,17
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 37.443.694,70	$ 299.549.557,60
3.4	P - 3.4	Diseño de sistema de alerta temprana Río Gaira.	und	1,0	$ 225.174.735,70	$ 225.174.735,70
3.4.1	P - 3.4	Implementación del sistema de alerta temprana Río Manzanaraes.	Glb	1,0	$ 371.715.050,00	$ 371.715.050,00

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 215.467.257,71**
VALOR TOTAL OBRA	**$ 11.189.088.464,00**

AÑO 2026						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 33.450.766,40**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 4.181.345,80	$ 33.450.766,40
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 9.383.345.080,15**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas.	m3	115.643,63	$ 17.524,62	$ 2.026.610.671,17

		Incluye: Seguimiento y Control Topografico				
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	115.643,63	$ 45.134,64	$ 5.219.533.608,34
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 52.421.732,97	$ 629.060.795,64
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	6.000,0	$ 170.239,32	$ 1.021.435.920,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.250,0	$ 35.178,26	$ 79.151.085,00
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	7.031,3	$ 48.807,06	$ 343.174.640,63
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	5.156,3	$ 12.485,50	$ 64.378.359,38

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 9.416.795.846,55**

Aministración (23%)	$ 2.165.863.045,00
Imprevistos (2%)	$ 188.335.917,00
Utilidad (5%)	$ 470.839.792,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 89.459.560,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 2.914.498.314,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 12.331.294.160,55**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.283.366.602,49**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 252.205.791,27	$ 252.205.791,27
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 39.745.631,95	$ 317.965.055,60
3.4	P - 3.4	Diseño de sistema de alerta temprana Quebrada Tamacá	und	1,0	$ 239.017.870,48	$ 239.017.870,48
3.4.1	P - 3.4.1	Implementación del sistema de alerta temprana Río Gaira	Glb	1,0	$ 394.567.087,64	$ 394.567.087,64
3.4.2	P - 3.4.2	Seguimeinto del sistema de alerta temprana Río manzanares	Glb	1,0	$ 79.610.797,50	$ 79.610.797,50

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 243.839.654,47**

VALOR TOTAL OBRA	**13.858.500.418,00**

AÑO 2027						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 35.520.533,60**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 4.440.066,70	$ 35.520.533,60
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 11.435.871.466,75**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de	m3	137.765,85	$ 18.608,96	$ 2.563.679.192,02

		Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico				
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	137.765,85	$ 47.927,35	$ 6.602.752.111,00
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 55.665.329,27	$ 667.983.951,24
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	6.000,0	$ 180.772,88	$ 1.084.637.280,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.250,0	$ 37.354,92	$ 84.048.570,00
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	7.031,3	$ 51.827,00	$ 364.408.593,75
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	5.156,3	$ 13.258,04	$ 68.361.768,75

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 11.471.392.000,35**

Aministración (23%)	$ 2.638.420.160,00
Imprevistos (2%)	$ 229.427.840,00
Utilidad (5%)	$ 573.569.600,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 108.978.224,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 3.550.395.824,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 15.021.787.824,35**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.193.504.559,11**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 267.811.032,17	$ 267.811.032,17
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 42.204.894,12	$ 337.639.152,96
3.4.1	P - 3.4	Implementación del sistema de alerta temprana Quebrada Tamacá	Glb	1,0	$ 418.980.938,02	$ 418.980.938,02
3.4.2	P - 3.5	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares y Gaira)	Glb	2,0	$ 84.536.717,98	$ 169.073.435,96

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 226.765.866,23**

VALOR TOTAL OBRA	**$16.442.058.250,00**

AÑO 2028						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 37.792.872,08**

1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 4.724.109,01	$ 37.792.872,08
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 13.911.682.358,11**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	145.049,30	$ 19.799,42	$ 2.871.892.011,41
2.2	P - 2.2	Dragado Mecanico de Sedimentos Mediante Uso de Excavadora Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	16.570,0	$ 23.153,53	$ 383.653.992,10
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	161.619,30	$ 50.993,38	$ 8.241.514.380,23
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 59.226.381,38	$ 710.716.576,56
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	6.000,0	$ 192.337,38	$ 1.154.024.280,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.250,0	$ 39.744,61	$ 89.425.372,50
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	7.031,3	$ 55.142,50	$ 387.720.703,13
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	5.156,3	$ 14.106,19	$ 72.735.042,19

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 13.949.475.230,19**

Aministración (23%)	$ 3.208.379.303,00
Imprevistos (2%)	$ 278.989.505,00
Utilidad (5%)	$ 697.473.762,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 132.520.015,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 4.317.362.585,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 18.266.837.815,19**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 942.727.224,92**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 313.654.202,24	$ 313.654.202,24
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 44.904.848,10	$ 359.238.784,80
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 89.944.745,96	$ 269.834.237,88

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 179.118.172,73**

	VALOR TOTAL OBRA	**$ 19.388.683.213,00**

AÑO 2029						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 40.332.167,04**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 5.041.520,88	$ 40.332.167,04
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 16.253.103.759,62**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	176.960,71	$ 21.129,74	$ 3.739.133.792,52
2.3	P - 2.2	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	176.960,71	$ 54.419,61	$ 9.630.132.823,52
2.4	P - 2.3	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 63.205.789,29	$ 758.469.471,48
2.5	P - 2.5	Muro en Geocontenedores ensamblado con tensores internos en geotextil. Incluye: Relleno con Material Proveniente de la Excavación, Formaletería y Costuras.	m3	7.000,0	$ 205.260,49	$ 1.436.823.430,00
2.6	P - 2.6	Manto Antisocavación ensamblado en geotextil. Incluye: Inyección de Arena proveniente de la excavación en Lastre Inferior	m2	2.640,00	$ 42.415,04	$ 111.975.705,60
2.7	P - 2.7	Manto para el Control de Erosión permanente, Tipo TRM 50	m2	8.250,00	$ 58.847,51	$ 485.491.957,50
2.8	P - 2.8	Geotextil Tejido de Poliéster	m2	6.050,00	$ 15.053,98	$ 91.076.579,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 16.293.435.926,66**

Aministración (23%)	$ 3.747.490.263,00
Imprevistos (2%)	$ 325.868.719,00
Utilidad (5%)	$ 814.671.796,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 154.787.641,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 5.042.818.419,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 21.336.254.345,66**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 975.429.185,32**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 304.088.880,66	$ 304.088.880,66
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 47.921.995,25	$ 383.375.962,00
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos	Glb	3,0	$ 95.988.114,22	$ 287.964.342,66

		manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)				
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 185.331.545,21**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 22.497.015.077,00**

AÑO 2030						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
						$ 43.159.805,44
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 5.394.975,68	$ 43.159.805,44
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 18.691.434.194,25**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	221.158,56	$ 22.611,12	$ 5.000.642.739,19
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	221.158,56	$ 58.234,90	$ 12.879.146.625,74
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 67.637.069,11	$ 811.644.829,32
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 18.734.593.999,69**
					Aministración (23%)	$ 4.308.956.620,00
					Imprevistos (2%)	$ 374.691.880,00
					Utilidad (5%)	$ 936.729.700,00
					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 177.978.643,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 5.798.356.843,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 24.532.950.842,69**
III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.043.815.320,79**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 325.408.176,51	$ 325.408.176,51
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 51.281.747,15	$ 410.253.977,20
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 102.717.722,36	$ 308.153.167,08
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 198.324.910,95**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 25.775.091.075,00**

AÑO 2031						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 46.418.786,88**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 5.802.348,36	$ 46.418.786,88

II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 22.600.546.862,76**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	249.884,36	$ 24.318,48	$ 6.076.807.810,97
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	249.884,36	$ 62.632,20	$ 15.650.807.212,39
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 72.744.319,95	$ 872.931.839,40

TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 22.646.965.649,64**

Aministración (23%)	$ 5.208.802.099,00
Imprevistos (2%)	$ 452.939.313,00
Utilidad (5%)	$ 1.132.348.282,00
IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 215.146.174,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 7.009.235.868,00**

VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 29.656.201.517,64**

III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.122.633.441,37**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 349.979.631,23	$ 349.979.631,23
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 55.154.013,49	$ 441.232.107,92
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 110.473.900,74	$ 331.421.702,22

IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 213.300.353,86**

VALOR TOTAL OBRA	**$ 30.992.135.313,00**

AÑO 2032						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 50.013.486,00**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 6.251.685,73	$ 50.013.486,00
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 26.011.406.877,00**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	267.610,49	$ 26.201,72	$ 7.011.855.128,00

2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	267.610,49	$ 67.482,48	$ 18.059.019.539,00
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 78.377.684,14	$ 940.532.210,00
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 26.061.420.363,00**
					Aministración (23%)	$ 5.994.126.683,00
					Imprevistos (2%)	$ 521.228.407,00
					Utilidad (5%)	$ 1.303.071.018,00
					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 247.583.493,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 8.066.009.601,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 34.127.429.964,00**
III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.247.565.274,00**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 415.076.684,03	$ 415.076.684,00
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 59.425.173,69	$ 475.401.390,00
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 119.029.066,51	$ 357.087.200,00
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 237.037.402,00**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 35.612.032.640,00**

AÑO 2033						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 53.617.690,96**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 6.702.211,37	$ 53.617.690,96
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 31.441.911.433,85**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	285.661,23	$ 28.089,94	$ 8.024.206.811,03
2.2	P - 2.2	Dragado Mecanico de Sedimentos Mediante Uso de Excavadora Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	16.570,0	$ 32.848,50	$ 544.299.645,00
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	302.231,23	$ 72.345,58	$ 21.865.093.628,46
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 84.025.945,78	$ 1.008.311.349,36
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 31.495.529.124,81**
					Aministración (23%)	$ 7.243.971.699,00
					Imprevistos (2%)	$ 629.910.582,00
					Utilidad (5%)	$ 1.574.776.456,00

					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 299.207.527,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 9.747.866.264,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 41.243.395.388,81**
III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.296.738.174,67**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 404.256.573,40	$ 404.256.573,40
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 63.707.628,99	$ 509.661.031,92
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 127.606.856,45	$ 382.820.569,35
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 246.380.253,19**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 42.786.513.817,00**

AÑO 2034						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 57.217.643,44**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 7.152.205,43	$ 57.217.643,44
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 35.751.252.713,18**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	323.526,85	$ 29.975,93	$ 9.698.018.208,72
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	323.526,85	$ 77.202,94	$ 24.977.223.988,94
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 89.667.542,96	$ 1.076.010.515,52
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 35.808.470.356,62**
					Aministración (23%)	$ 8.235.948.182,00
					Imprevistos (2%)	$ 716.169.407,00
					Utilidad (5%)	$ 1.790.423.518,00
					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 340.180.468,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 11.082.721.575,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 46.891.191.931,62**
III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.383.802.644,55**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 431.398.817,65	$ 431.398.817,65
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 67.985.031,36	$ 543.880.250,88

3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 136.174.525,34	$ 408.523.576,02
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 262.922.502,46**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 48.537.917.079,00**

AÑO 2035						
ITEM	**ESP.**	**ACTIVIDAD**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR PARCIAL**
I. PRELIMINARES						**$ 61.101.705,60**
1.1	P - 1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	und	8,0	$ 7.637.713,20	$ 61.101.705,60
II. MANTENIMIENTO HIDRAULICO						**$ 40.623.328.988,10**
2.1	P - 2.1	Remoción Mecanica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control Topografico	m3	344.890,83	$ 32.010,76	$ 11.040.217.585,33
2.3	P - 2.3	Cargue, Retiro y Disposicion Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	m3	344.890,83	$ 82.443,65	$ 28.434.058.876,73
2.4	P - 2.4	Limpieza Manual de vegetación	mes	12,0	$ 95.754.377,17	$ 1.149.052.526,04
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 40.684.430.693,70**
					Aministración (23%)	$ 9.357.419.060,00
					Imprevistos (2%)	$ 813.688.614,00
					Utilidad (5%)	$ 2.034.221.535,00
					IVA (19%) sobre la Utilidad	$ 386.502.092,00
					TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**$ 12.591.831.301,00**
					VALOR TOTAL DE LA OBRA CIVIL	**$ 53.276.261.994,70**
III. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS						**$ 1.477.738.276,07**
3.1	P - 3.1	Rescate de Fauna Acuatica y Terrestre	und	1,0	$ 460.683.138,32	$ 460.683.138,32
3.3	P - 3.3	Implementacion de Estrategia de Sensibilización y Participación Ambiental Dirigido a la Comunidad en la Zona de Influencia del Proyecto	und	8,0	$ 72.600.007,98	$ 580.800.063,84
3.4.2	P - 3.4	Seguimeinto del sistema de alerta temprana (Ríos manzanares, Gaira y Qbrada Tamacá)	Glb	3,0	$ 145.418.357,97	$ 436.255.073,91
					IVA. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA	**$ 280.770.272,45**
					VALOR TOTAL OBRA	**$ 55.034.770.544,00**

El costo total del proyecto: $330.987.701.274

- **Costo de la Infraestructura que se protegerá con esta alternativa de mitigación.**

La infraestructura que se protegerá con esta alternativa de mitigación no tiene costos, pero con eso se protegerá la inversión del Proyecto, La zona Urbana y rural de la ciudad de Santa Marta, su economía, y se recupera la sostenibilidad Hídrica y el Ecosistema de la zona.

- **Fase 1 - Selección de las alternativas clasificadas como factibles desde el punto de vista económico.**

Como bien se explica en el ítem del capítulo metodológico, esta fase se aplica cuando en el análisis de factibilidad económica, hay dos o más alternativas, planteadas para mitigar el riesgo de los elementos específicos del proyecto, que clasifican como factibles. Entonces y al evaluar sobre estas alternativas los criterios de la Tabla Se tienen los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 21. Calificación de Criterios sobre las alternativas planteadas para mitigar el riesgo.

Alternativas	C1	C2	C3	C4	Total
	Costo de la obra	Métodos constructivos	Nivel de impacto ambiental	Necesidad de permisos	
Movilización y Desmovilización de Equipos	5	3	3	3	14
Localización, trazado y replanteo fotográfico	3	3	3	3	12
Remoción mecánica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control topográfico	3	1	2	3	9
Cargue, Retiro y disposición Final de Material proveniente de la remoción y Excavaciones. Incluye: Disposicion en Escombrera Certificada	1	3	2	3	9

Entonces y según los resultados de la Tabla, las alternativas son adecuadas desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, para la implementación y para mitigar el riesgo que presentan las zonas del proyecto

13. LINEAMIENTOS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

El objetivo del presente Capítulo es identificar las contingencias que se pueden presentar durante las actividades para la ejecución del proyecto en cada una de las alternativas. Una vez establecido el origen, las causas, el componente afectado y el

riesgo, se identificaron los posibles impactos y sus respectivas medidas o controles en la etapa de operación de los sistemas enmarcados dentro del plan de acción.
El desarrollo del presente capítulo se hará de la siguiente manera:

- Primero se describen los elementos que componen el proyecto en la Fase de construcción y posterior a ella.
- Posteriormente, se desarrollará la identificación de contingencias considerando la amenaza que afecta a cada uno de los componentes identificados.
- Y por último se plantean los planes de acción que se deben aplicar a cada contingencia.

13.1. Descripción de elementos para plan de contingencia

- Movilización y Desmovilización Terrestre de Equipos Consiste en elaborar un plan de contingencia para identificar los riesgos durante la ejecución de las labores de Movilización y Desmovilización Terrestre de Equipos, según los Ítem de labores a realizar en caso de que se presente algún inconveniente.

- Localización, trazado y replanteo topográficoConsiste en elaborar un plan de contingencia para identificar los riesgos durante la ejecución de las labores de Localización, trazado y replanteo topográfico, según los Ítem de labores a realizar en caso de que se presente algún inconveniente.

- Remoción mecánica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control topográfico
  Consiste en elaborar un plan de contingencia para identificar los riesgos durante la ejecución de las labores de Remoción mecánica de Sedimentos Mediante el Uso de Excavadora sobre Orugas. Incluye: Seguimiento y Control topográfico, según los ítem de labores a realizar en caso de que se presente algún inconveniente.

- Cargue, Retiro y disposición Final de Material proveniente del Dragado y Excavaciones. Incluye: disposición en Escombrera Certificada Consiste en elaborar un plan de contingencia para identificar los riesgos durante la ejecución de Cargue, Retiro y disposición Final de Material proveniente del Dragado y Excavaciones, según los Ítem de labores a realizar en caso de que se presente algún inconveniente.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Teniendo en cuenta los resultados derivados del análisis de gestión del riesgo realizado por los expertos durante la visita de campo, y de los análisis realizados

tanto geotécnicos, como hidrológicos e hidráulicos, se concluyó que es VIABLE la implementación del Proyecto. Ya que de los resultados de los mismos se recomiendan realizaran obras de ingeniería con técnicas que permitan la reducción y control de la manifestación de las amenazas a que está expuesto las poblaciones aledañas a este cuerpo de agua.

- Teniendo en cuenta los caudales y las cotas de niveles arrojadas por la modelación Hidráulica para los diferentes periodos de retorno, se concluye y se recomienda implementar las obras de acuerdo a los caudales y cotas de niveles de diseños propuestas en el Estudio Hidrológico e Hidráulico

Que dentro del marco que señala la ley 1523 de 2012 por la cual creo el Sistema nacional para la Gestión del Riesgo de desastres y teniendo en cuenta el costo beneficio de la toma de decisiones se decida la técnica de ingeniería por parte del grupo experto designado que materialice la recomendación anterior, tomando el nivel de referencia indicado u otro mayor o menor, de acuerdo a la recomendación del diseño del proyecto, en todo caso este nivel será apto para el proyecto.

Responsables,

Vanessa Llanes- Contratista -ST
MP: 59193

Luis Oróstegui - Contratista – ST
TP 08260229427ATL

15. BIBLIOGRAFÍA

- CEPAL- BID (2011). Evaluación - valoración de los daños (y perdidas) ocasionados por la ola invernal (La Niña) 2010 – 2011. Bogotá D.C., Colombia.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). En línea. Disponible en: [Consultado el 24 de julio del 2022]. –
- UNIVERSIDAD DE GRANADA. Departamento de Estructura e Ingeniería Hidráulica. Área de Ingeniería Hidráulica. Manual Básico de HEC RAS. 76 Paginas. En Línea. Disponible en: [Consultado el 24 de julio del 2022].
- CEPAL (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, síntesis 2010. Santiago de Chile.
- DNP y otros (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, resumen ejecutivo.
- DNP y otros (2005). Guía para orientar las acciones e inversiones en gestión local del riesgo a nivel municipal.
- DIRECCIÓN NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES, BANCO MUNDIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y otros (2005). Guía Ambiental para Evitar, Corregir y Compensar los Impactos de las Acciones de Reducción y Prevención de Riesgos en el Nivel Municipal. Bogotá D.C., Colombia.
- DANE (2010). Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005 – 2020, estudios postcensales Nº 7. Bogotá D.C., Colombia.
- ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES -EIRD-NACIONES UNIDAS (…). Marco de Acción de Hyogo. Ginebra. Suiza.
- IDEAM.
- IGAC.
- INGEOMINAS

Matriz de análisis de riesgo

Nombre del proyecto	INTERVENCIONES A LOS CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO DE SANTA MARTA PARA EL MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN DE SUS CONDICIONES HIDRAULICAS Y AMBIENTALES	**Código BPIN**	
Responsable del diligenciamiento	VANESSA LLANES JUDEX - LUIS CARLOS OROSTEGUI DUICA	**Cargo**	CONTRATISTAS
E-mail	vljudex@hotmail.com - ing.lcod@gmail.com	**Teléfono de contacto**	3156395121 - 3006096592

Identificación de las amenazas

¿Existen antecedentes de amenazas en la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto? ¿Existen antecedentes de ocurrencia de eventos físicos en la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto?	Si

¿Cuáles?		**Indique si el evento asociado a la amenaza se ha presentado en la zona donde se ejecutará el proyecto.**	**Nombre del documento / Fuente de información**	**Otro. ¿Cuál?**	**¿Existen estudios que pronostican la probable ocurrencia de amenazas en la zona donde se pretende desarrollar el proyecto?**	**Nombre del documento / Fuente de información**	**Otro. ¿Cuál?**	**Indique si el evento podría llegar a presentarse en un futuro, de acuerdo a información técnica**
Sismos	Si	Si	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Tsunami	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Erupción volcánica	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Huracanes	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Vendavales	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Erosión costera	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Aumento del nivel del mar	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Olas de calor	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Movimientos en masa	Si	Si	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	Si	Estudios de zonificación de amenazas		Si
Avenidas torrenciales (avalanchas)	No	Si	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Inundaciones	Si	Si	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	Si	Información de pronósticos meteorológicos		Si
Incendios forestales	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Incendios estructurales	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Derrames de hidrocarburos	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Contaminación	No	No	Estudios de zonificación de amenazas	PDGRD	No			
Otro.¿Cuál?								
SEQUIA	Si	Si	Información de pronósticos meteorológicos		Si	Información de pronósticos meteorológicos		Si
Indique el nombre de la otra amenaza								
Indique el nombre de la otra amenaza								
Indique el nombre de la otra amenaza								

¿Existe probabilidad que durante la vida útil del proyecto pueda presentarse alguna de las amenazas identificadas en las preguntas anteriores? ¿Existe probabilidad que durante la vida útil del proyecto pueda presentarse alguno de los eventos identificados en las preguntas anteriores?	Si
¿La información existente y disponible sobre ocurrencia de amenazas en la zona donde se pretende desarrollar el proyecto es suficiente para tomar decisiones relacionadas con la formulación del mismo? ¿La información existente y disponible sobre ocurrencia de eventos físicos peligrosos en la zona donde se pretende desarrollar el proyecto es suficiente para tomar decisiones relacionadas con la formulación del mismo?	Si

Evaluación de las amenazas

Cuadro 2. Valoración de la amenaza con base en frecuencia e intensidad

Amenaza por tipo de evento		**Frecuencia* (a) Siendo 0 ocurrencia en el largo plazo y 4 una ocurrencia en el muy corto plazo**					**Intensidad** (b) Siendo 0 afectación por amenaza leve y 4 alta**					**Valoración Amenaza**
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**(Alta-Media-Baja)**
Naturales	Sismos											
	Tsunami											
	Erupción volcánica											
	Huracanes											
	Vendavales											
	Erosión costera											
	Aumento del nivel del mar											
	Olas de calor											
Socio naturales	Movimientos en masa				2				2			2
	Avenidas torrenciales (avalanchas)											
	Inundaciones				2				3			2,5
	Incendios forestales											
Antrópicos	Incendios estructurales											
	Derrames de hidrocarburos											
	Contaminación											
Otras:	SEQUIA				2				2			2

Cuadro 5. Criterios de verificación para el análisis de vulnerabilidad

Vulnerabilidad por exposición (localización)	SI/NO	Escala	Nivel
¿La localización escogida para el proyecto evita su exposición a amenazas?	No	1	Está expuesto
Vulnerabilidad por resistencia (fragilidad)	SI/NO		
¿El diseño del proyecto tiene en cuenta las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto?	Si	0	Fragilidad baja
¿La programación del cronograma de actividades del proyecto toma en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del proyecto?	Si	0	
¿La alternativa propuesta para el proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto?	Si	0	
¿Los diseños y la construcción de la infraestructura tienen en cuenta el potencial impacto de fenómenos naturales y/o climáticos extremos durante la vida útil del proyecto?	Si	0	
¿En una perspectiva de ciclo de vida, los materiales de construcción consideran las características, climáticas, geográficas y físicas futuras de la zona de ejecución del proyecto?	No	1	
Vulnerabilidad por resiliencia	SI/NO		
¿El proyecto contempla el aseguramiento de la infraestructura ante desastres?	No	1	Resiliente
¿El proyecto incluye plan de contingencia para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de un desastre? (Aplica para proyectos que se enmarquen en el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012)	Si		
Total susceptibilidad		2	

Cuadro 9. Valoración del nivel de riesgo del proyecto

	Fragilidad	Resiliencia	Total
Total susceptibilidad	1	1	2

	Exposición	Susceptibilidad	Total
Total vulnerabilidad	1	2	3

	Amenaza	Vulnerabilidad	Total
Índice de riesgo	7	3	21

Nivel de riesgo	Valoración de la escala	Interpretación
Bajo	15,44	El proyecto no presenta riesgos significativos en su ejecución.

Medidas de reducción de vulnerabilidad
Incorpore las medidas de reducImplementación Plan de Manejo Ambientalción de vulnerabilidad
Incorpore las mediCronograma de actividades teniendo en cuenta condiciones climáticasdas de reducción de vulnerabilidad
Incorpore las medidas de reConstrucción con materiales ampliamente utilizados en la zona y que han demostrado ser útiles en esas condiciones
Incorpore las medidas de reducción de vulnerabilidad
Incorpore las medidas de reducción de vulnerabilidad