

Gestión para la construcción de la obra de mitigación que reduce las condiciones del riesgo de desastres asociadas a la socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio de La Dorada en el Departamento de Caldas.

Pablo Andrés Rodríguez Buitrago

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería

Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres

Manizales, 2021

Gestión para la construcción de la obra de mitigación que reduce las condiciones del riesgo de desastres asociadas a la socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio de La Dorada en el Departamento de Caldas.

Pablo Andrés Rodríguez Buitrago

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de especialista en Prevención, Reducción y Atención de Desastres.

Director:

Arquitecto Iván Hernando Caicedo Rubiano

Línea de Investigación en Gestión del Riesgo

Reducción del Riesgo

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería

Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres

Manizales, 2021

1. RESUMEN

Los procesos de socavación en el área urbana del municipio de La Dorada han sido progresivos, esto se evidencia por la comunidad ribereña con la pérdida de cobertura del suelo a través del tiempo, por tal motivo es necesario evaluar técnicamente los fenómenos de origen natural que producen estos cambios morfológicos, entre las que variables identificadas, encontramos agentes geológicos, hidrodinámicos y antrópicos que son los responsables de las condiciones de evolución geomorfológica del área de estudio; es por esto, que con la aplicación de herramientas de información geográfica, se realizó análisis multitemporales con el uso de fotografías aéreas suministradas por el IGAC y debidamente georreferenciadas en la presente investigación, de igual manera se realiza comparativo con imágenes recientes tomadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos a través de la descarga de imágenes satelitales multiespectrales Satélite Landsat 8 para determinar el área correspondiente a la pérdida de suelo urbano para una ventana de tiempo desde 1940 hasta el 2021, una vez analizada la información e identificada los procesos erosivos y de socavación que intervienen en el área, se evaluó técnicamente cual es la obra de mitigación del riesgo de socavación más óptima para proceder a realizar sus diseños y finalmente su construcción; la construcción de obras de mitigación del riesgo pueden convertir y cambiar el desarrollo económico y social de una región, en el presente estudio se evidencia como los predios anteriormente correspondían a viviendas con bajo valor comercial e infraestructura en malas condiciones, hoy en día se han convertido en predios de interés regional para la construcción de establecimientos como hoteles, restaurantes, discotecas, bares y ventas de accesorios, generando un desarrollo turístico y económico a la región, generando empleo e innovación en el municipio de La Dorada.

Palabras Claves: Meandro, Mitigación, Socavación, Riesgo, Rip-Rap

ABSTRACT

The lateral erosion processes of the river in the urban area of the municipality of La Dorada have been progressive, this is evidenced by the riverside community with the loss of soil cover over time, for this reason it is necessary to technically evaluate the natural phenomena that produce these morphological changes, among which identified variables, we find geological, hydrodynamic and anthropic agents that are responsible for the geomorphological evolution conditions of the study area; With the application of geographic information systems, multitemporal analyzes were carried out with the use of aerial photographs provided by the IGAC and duly georeferenced in the present investigation, in the same way a comparison is made with recent images taken from the United States Geological Survey through of the download of multispectral satellite images Satellite Landsat 8 to determine the area corresponding to the loss of urban land for a window of time from 1940 to 2021, once the information has been analyzed and the erosive and scour processes that intervene in the area have been identified , it is technically evaluated which is the most optimal scour risk mitigation work to proceed to carry out its designs and finally its construction; The construction of risk mitigation works can convert and change the economic and social development of a region, in this study it is evidenced that the properties previously correspond to houses with low commercial value and infrastructure in poor condition, today they have become in properties of regional interest for the construction of employment establishments such as hotels, restaurants, discos, bars and sales of accessories, generating a tourist and economic development in the region, generating and innovation in the municipality of La Dorada.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	14
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
4. ANTECEDENTES	17
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
6. JUSTIFICACIÓN	24
7. OBJETIVOS	26
8. CONTEXTO GEOGRÁFICO DE ESTUDIO	27
8.1 Ubicación geográfica.	27
8.2 Otras Características de la zona de estudio.	28
Climatología	28
Topografía	29
Descripción geológica de la zona de estudio	29
Geomorfología.	33
Meandros	35
9. MARCO NORMATIVO	37
9.1 Normas Nacionales.	37
9.2 Normas Locales.	38
10. MARCO TEÓRICO	41
10.1 Bases Teóricas	41
10.1.1 Vulnerabilidad Física	41
10.1.2 Fenómenos naturales	41
10.1.3 Asentamiento Humano	41
10.1.4 Tipos de alertas	41
10.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	42
10.3 Componentes de un SIG.	43
10.4 Funciones de un SIG	43
10.5 Bases de Datos Geográficas	44
10.6 Percepción Remota	45
11. METODOLOGÍA	47

11.1 Fase 1. Definición y acotación del área de la zona de estudio.	47
11.2 Fase 2. Revisión bibliográfica.	48
11.3 Fase 3: Recopilación de información secundaria.	48
11.4 Fase 4: descarga de las imágenes satelitales.	49
11.5 Fase 5: Pre-procesamiento.	50
11.6 Fase 6. Obtención y procesamiento de sobrevuelos fotografías aéreas IGAC.	52
11.7 Fase 7. Revisión de antecedentes.	54
12. RESULTADOS	55
12.1 Delimitación de la Zona AOI	55
12.2 Evolución histórica de la Curva del “Conejo”.	57
12.3 Procesamiento Fotografías aéreas.	57
12.4 Identificación de barrios con influencia en el área de estudio.	68
12.5 Manzanas áreas de Influencia del proyecto de mitigación de la erosión.	70
12.6 Predios áreas de Influencia del proyecto de mitigación de la erosión.	72
12.7 Plan de intervención para la mitigación del riesgo de socavación.	73
12.8.1 Alternativas de solución:	74
12.8 Construcción de obra para mitigación socavación en río magdalena en el municipio de la dorada del departamento de Caldas.	82
12.8.1 Diseños Rip Rap obra de Mitigación de Erosión La Dorada - diseño inicial 2018 (vigente por 6 meses).	84
12.8.2 Diseño Rip Rap actualizado en el año 2020 para el sector de La Dorada – Caldas.	85
12.8.3 Justificación del cambio de diseños	98
12.8.4 Construcción de obra para mitigación integral de riesgos de socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio La Dorada del Departamento de Caldas.	100
12.8.5 Plano final del área de construcción del enrocado	131
12.9 Relación con los objetivos de desarrollo sostenible.	135
12.10 Nuevos usos del suelo con la construcción del Rip Rap.	142
12.11 Estructuración y Diseños Proyecto Malecón.	145
13. CONCLUSIONES	152
14. RECOMENDACIONES	155
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
16. ANEXOS	160

16.1 Planos anexos.	160
16.1.1. Ubicación geográfica.	160
16.1.2. Plano Geológico.	160
16.1.3. Manzana área Influencia.	160
16.1.4. Barrios área Influencia.	160
16.1.5. Predios área Influencia.	160
16.1.6. Rip - Rap área Influencia.	160
16.1.7. Fotos aéreas IGAC.	160
16.1.8. Área Perdida Suelo.	160
16.1.9. Superposición Rip - Rap Suelo Perdido.	160
16.1.10. Área Recuperada Con Rip - Rap.	160

Lista de imágenes.

Imagen 1. Fotointerpretación-Ubicación geográfica, principales zonas de erosión y sedimentación. _____	19
Imagen 2. Análisis de sedimentación y erosión de la zona 1 del meandro de la curva del "Conejo" municipio de Al Dorada. Fuente: Elaboración propia. _____	20
Imagen 3. Análisis de sedimentación y erosión de la zona 2 del meandro de la curva del "Conejo" municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia. _____	20
Imagen 4. Análisis general de los procesos geomorfológicos e hidrogeológicos presentes en el meandro de la curva el "Conejo". Fuente: Elaboración propia. _____	21
Imagen 5. Ubicación geográfica área de estudio de investigación proyecto de grado. Fuente: Elaboración propia. _____	27
Imagen 6. Análisis Preliminar Geomorfológico. Fuente: Imágenes tomadas y modificadas de Google Earth. _____	28
Imagen 7. Unidades litológicas presentes en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia. _____	32
Imagen 8. Perforaciones para estudios de suelos a lo largo del lineamiento del diseño del enrocado Rip Rap. Fuente: Gobernación de Caldas- Alcaldía La Dorada - VACAB. _____	33
Imagen 17. Apiques para descripción sedimentaria, toma de muestras para análisis granulométrico y capacidad portante de los suelos en área de influencia del proyecto de mitigación de socavación. _____	33
Imagen 10. Control estructural e hidrogeológico del río Magdalena a la altura del municipio de La Dorada, "Cerro la Barrigona". _____	36
Imagen 7. Definición del área de investigación, "Curva del conejo" zona urbana municipio de La Dorada Caldas. Fuente: Elaboración propia. _____	47
Imagen 8. Rango de longitudes de onda; Fuente: biologicalili.blogspot.com _____	49
Imagen 9. Determinación del área de trabajo para descarga de imágenes multiespectrales. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS. _____	50
Imagen 10. Solicitud al Servicio Geológico de los Estados Unidos de imágenes multiespectrales de 2021 para colección de satélite LANDSAT 8. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS. _____	51
Imagen 11. Adquisición final de imágenes multiespectrales para 2021 del satélite LANDSAT 8. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS. _____	51
Imagen 12. Proceso de carga de la imagen suministrada por el IGAC sin georeferenciar. Fuente: Elaboración propia. _____	52
Imagen 13. Identificación de puntos de control comunes entre las fotografías aéreas proporcionadas por el IGAC a través del visor geográfica del Google Earth. Fuente: Elaboración propia. _____	53
Imagen 14. Fotografías aéreas del IGAC, georeferenciadas y con ortorectificación. Fuente: Elaboración propia. _____	53
Imagen 19. Delimitación del área de estudio a través de herramientas de procesamiento de información geográfica. ArcGIS. Fuente: Elaboración Propia. _____	55
Imagen 20. Definición propiedades de las capas temáticas en relación al sistema de coordenadas proyectadas a emplear. Fuente: Elaboración propia. _____	56
Imagen 21. Esquema ilustrativo del valle medio del Magdalena a la altura del casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Alcaldía de La Dorada Caldas. _____	57
Imagen 22. Licencia para digitalización y procesamiento de Fotografías aéreas con fines educativos e investigativos, emitido por el Instituto Geografico Agustín Codazzi IGAC. _____	58
Imagen 23. Repositorio de fotografías aéreas, Instalaciones IGAC sede principal Bogotá - Colombia. Fuente: Elaboración propia. _____	59
Imagen 24. Fotografía área Vuelo A171-45 año 1940. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. _____	59
Imagen 25. Fotografías áreas; Izq. Vuelo M150-3163 26 de marzo de 1957; Der Vuelo C1406 09 de marzo de 1972. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. _____	60
Imagen 26. Fotografías áreas; Izq. Vuelo C2556-11 15 enero de 1995; Der Vuelo C2679-139 de 14 julio 2003. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. _____	61

Imagen 27. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Izq Vuelo A171-45 año 1940; Der. Vuelo M150-3163 26 marzo de 1957. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi. _____	62
Imagen 28. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Izq Vuelo C1406 09 marzo de 1972; Der. Vuelo C2556-11 15 enero de 1995. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi. _____	62
Imagen 29. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Vuelo C2679-139 14 julio de 2003. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi. _____	63
Imagen 30. Análisis comparativo pérdida de suelo (1940-2021) por procesos erosivos de socavación en la margen izquierda del río Magdalena en el sector del barrio Conejo en el municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia. _____	63
Imagen 31. Análisis multitemporal de pérdida de suelo del casco urbano del municipio de La Dorada - Caldas para una ventana de tiempo de 81 años. _____	64
Imagen 32. Pérdida por erosión de la carrera primera y bodegas del ferrocarril en el sector del barrio "Conejo". Fuente: Adaptación fotografías IGAC- Elaboración propia _____	65
Imagen 33. Análisis cartográfico y cálculo del área de suelo urbano perdido por acción de la socavación en la margen izquierda aguas abajo en el casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia. _____	66
Imagen 34. Identificación de los barrios del municipio de La Dorada con influencia directa en el proyecto. Fuente: Elaboración propia. _____	68
Imagen 35. Identificación de las manzanas que componen el área de influencia directa e indirecta del proyecto de construcción de la obra de mitigación integral del riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia. _____	70
Imagen 36. Identificación de predios en el área de influencia directa e indirecta de la construcción de la obra de mitigación del riesgo. Fuente: Elaboración propia. _____	72
Imagen 37. Muro de tierra estabilizado. Fuente: https://floodlist.com/protection/hesco-supplies _____	76
Imagen 38. Muro formado por unidades MSE wall, Fuente: https://floodlist.com/protection/hesco-supplies _____	77
Imagen 39. Rompeolas flotantes. Fuente: https://marineluxury.es/plataforma-flotante . _____	79
Imagen 40. Rip Rap, Ejemplo tomado de https://constructionmentor.net/rip-rap-aggregate/ _____	81
Imagen 41. Sección típica, vista en corte del diseño inicial que se tenía para la construcción del Rip-Rap. Fuente: Diseños Universidad Nacional 2018. _____	84
Imagen 42. Modelamiento del final del enrocado con los diseños elaborados por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2018. _____	85
Imagen 43. Sección tipo diseños 2018. Fuente: Gobernación de Caldas - Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. _____	86
Imagen 44. Pantallazo página oficial de visor FEWS IDEAM (17/10/2021) _____	87
Imagen 45. Rediseño Rip Rap elaborado en la anualidad 2020. Fuente: Universidad Nacional de Colombia. _____	89
Imagen 46. Modelamiento del rediseño del Rip Rap elaborado por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2020. _____	89
Imagen 47. Inundaciones Mapeadas La Dorada-compilando insumos de la alcaldía de La Dorada, Cámara de comercio de la ciudad, evidencias comunitarias y videos de sobrevuelos de la fuerza aérea colombiana. Fuente: Tesis de maestría Fabían Andrés Yara Amaya-2019 _____	93
Imagen 48. Modelación de las posibles inundaciones si no se realizan los rellenos, de acuerdo a rediseño Rip Rap 2020. Fuente: Rediseños y Tesis de Maestría Fabian Andrés Yara Amaya 2019. _____	95
Imagen 49. Modelación de la adecuación de diseños (2020) en el sector de descole de Bucamba, para disminuir procesos de inundación. Fuente: Rediseños y Tesis de Maestría Fabian Andrés Yara Amaya 2019. _____	96
Imagen 50. Construcción atendiendo los lineamientos ajustados y cota máxima de inundación, sector de Bucamba - Tramo Sur del proyecto de mitigación. Fuente: Propia Supervisión al contrato de obra. _____	96
Imagen 51. Inundaciones generadas en la parte interna del Rip Rap durante la construcción del mismo. "Ola Invernal 04 mayo de 2021". _____	97
Imagen 52. Inundaciones generadas en la parte interna del Rip Rap durante la construcción del mismo. "Ola Invernal 02 mayo de 2021". _____	98
Imagen 53. Localización diseño – 2018 Alcance: 1330 metros lineales. Der. Localización diseño – 2020 Alcance: 1347,22 metros lineales Fuente: Rediseños Gobernación de Caldas- Universidad Nacional sede Manizales. _____	99

Imagen 54. Construcción de la base del enrocado, límite de la ribera y el cauce del río. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	101
Imagen 55. Proceso de construcción de la base del enrocado (Rip-Rap). Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	101
Imagen 56. Proceso de construcción de la base del enrocado (Rip-Rap). Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	101
Imagen 57. Base del enrocado (Rip-Rap) Finalizado. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	102
Imagen 58. Adecuación del terreno, Retiro de material contaminado y perfilado del talud. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	102
Imagen 59. Proceso de instalación de geotextil en la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación Rip-Rap. Fuente Elaboración Propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	103
Imagen 60. Avances en la construcción de la obra para la mitigación de riesgo de socavación.Fuente: Elaboración propia – Gobernación de Caldas. _____	103
Imagen 61. Sección típica de la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación, se observa la base, pendiente y corona del enrocado sobre un talud perfilado. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	104
Imagen 62. Proceso de demolición de asentamientos irregulares correspondientes a viviendas y establecimientos comerciales que se encuentran en la faja de protección ambiental del río grande de la Magdalena. Fuente: Elaboración propia- Gobernación de Caldas- INGECON. _____	106
Imagen 63. Proceso de demolición de asentamientos irregulares. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	106
Imagen 64. Proceso de demolición de asentamientos irregulares. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON. _____	106
Imagen 65. Vivienda del señor José Antonio Morales, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación. _____	109
Imagen 66. Vivienda del señor Norma Viviana Castillo, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación. _____	109
Imagen 67. Vivienda del señor Ana Beatriz Hernández Marín, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación. _____	110
Imagen 68. Viviendas demolidas ubicadas sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Izq. Alexander López Lasso. Der Miguel Ángel Moreno. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación. _____	110
Imagen 69. Viviendas demolidas ubicadas sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Izq. Martha Ruth Orozco. Der. Luis Carlos Melgarejo. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación. _____	110
Imagen 70. Urbanizaciones de interés social donde serán reubicados los núcleos familiares de las viviendas demolidas en el marco de la construcción de la obra de mitigación por riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia. _____	111
Imagen 71. Evidencias temporadas de lluvias en los meses de marzo y mayo de 2021. _____	112
Imagen 72. Acumulación de aguas lluvias hacia la parte interna del enrocado, áreas susceptibles a rellenar en la fase de estructuración y diseños de Malecón. _____	112
Imagen 73. Suspensión de obras de construcción obra de mitigación de socavación, temporadas de lluvias en los meses de marzo y mayo de 2021. _____	112
Imagen 74. Procesos sedimentarios, acumulación de sedimentos finos en los espacios del enrocado, disminuye porosidad y aumenta cohesión de las rocas. _____	113
Imagen 75. Programas de manejo ambiental en la obra de mitigación de riesgos de socavación. _____	114
Imagen 76. Permisos necesarios para la ejecución del contrato de obra para la mitigación de la socavación. _	115

Imagen 77. Actividades ambientales desarrolladas en el área de influencia del proyecto en relación a la gestión hídrica y calidad del aire. _____	117
Imagen 78. Instalaciones temporales, maquinarias y vehículos empleados en la construcción del Rip Rap. ____	118
Imagen 79. Obras para la conservación y protección de especies arbóreas en la faja de protección ambiental. Fuente: Gobernación de Caldas. _____	119
Imagen 80. Construcción final del muro para la contención y conservación de especies arbóreas. Fuente; Elaboración propia - Gobernación de Caldas _____	120
Imagen 81. Encerramiento especies arbóreas a conservar en la construcción de la obra de mitigación. Fuente: Elaboración propia -Gobernación de Caldas. _____	120
Imagen 82. Babilla- Caimán crocodilus Rescatado. _____	122
Imagen 83. Panales de abejas (Apis mellifera) rescatados y reubicados. _____	122
Imagen 84. Captura Iguana Verde. _____	122
Imagen 85. Resumen especies protegidas y reubicadas para su conservación durante el avance del proyecto de mitigación de erosión de socavación. Fuente: Elaboración propia- Gobernación – INGECON. _____	123
Imagen 86. Iguanas Verdes, madrigueras en el enrocado. _____	124
Imagen 87. Charlas de salud ocupacional antes de comenzar las actividades laborales. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas. _____	125
Imagen 88. Socialización técnica de las generalidades del proyecto de la construcción de la obra de mitigación Rip-Rap. Fuente: Elaboración propia. _____	127
Imagen 89. Recorrido de campo sobre el área de construcción del enrocado, aclaración de inquietudes a los integrantes de las veedurías ciudadanas. Fuente: Elaboración propia. _____	127
Imagen 90. Proceso de Control, topográfico, Calculo de volúmenes de roca. Fuente: Elaboración propia – INGECON. _____	128
Imagen 91. Visitas de seguimiento e inspección de campo en compañía del contratista de obra, interventoría, supervisores de obra y veedurías ciudadanas. Fuente: Elaboración propia. _____	128
Imagen 92. Sección transversal ABS k1+035. Fuente: Gobernación de Caldas – Contratista. _____	129
Imagen 93. Recorrido de campo y verificación de avances de los Comités de Seguimiento de Obra (CSO) integrado por Interventoria, contratista, supervisores. Fuente: Elaboración propia. _____	129
Imagen 94. Área del enrocado final construido en la margen izquierda aguas abajo del casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia. _____	131
Imagen 95. Tramo que se encuentra pendiente por terminar en el marco del contrato de obra. Fuente: Elaboración propia-Contratista- Gobernación de Caldas. _____	132
Imagen 96. Panorámica del estado actual de la obra de construcción del Rip Rap. Fuente: Elaboración propia. _____	132
Imagen 97. Superposición de capas temáticas relacionadas a la pérdida de suelo en 81 años en el área y área construcción del Rip Rap. Fuente: Elaboración propia. _____	133
Imagen 98. Suelo Urbano recuperado con la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia. _____	134
Imagen 99. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Fuente: Página Oficial Naciones Unidas https://www.un.org/ _____	135
Imagen 100. Infraestructuras que aportan al desarrollo social, creando zonas de esparcimiento, mejorando las condiciones de vida de la comunidad. _____	136
Imagen 101. Panorámica de la construcción del enrocado, Cumplimiento al Objetivo de desarrollo sostenible # 9. Como infraestructura fundamental para lograr desarrollo sostenible en la región del magdalena medio. Fuente: Elaboración Propia. _____	137
Imagen 102. Evidencia en los cambios del uso del suelo en el área de influencia de la construcción del enrocado. Izq. Construcción de discoteca, Der Construcción de una “Fonda”. _____	138
Imagen 103. Mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad del sector, creación de oportunidades de negocio y nuevas fuentes de empleo e ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia. _____	139
Imagen 104. Mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad del sector, creación de oportunidades de negocio y nuevas fuentes de empleo e ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia. _____	139

Imagen 105. Izq. Viviendas demolidas, Der. Viviendas reubicadas. _____	140
Imagen 106. Estación del tren "La María" patrimonio cultural de La Dorada Caldas. Fuente: Elaboración propia. _____	141
Imagen 107. Panorámica construcción del enrocado - Rip Rap. Fuente: Elaboración propia. _____	142
Imagen 108. Adecuación de viviendas domesticas para la venta de accesorios y bebidas alcoholicas. Fuente: Elaboración propia. _____	143
Imagen 109. Adecuación de viviendas con fines comerciales, venta de licores. Fuente: Elaboración propia. _	143
Imagen 110. Restaurante tradicional sobre el margen del río Magdalena, apropiación social de las obras. Fuente: Elaboración propia. _____	144
Imagen 111. Evidencia cambios en el uso del suelo. Fuente Elaboración propia. _____	144
Imagen 112. Evidencia cambios en el uso del suelo. Fuente: Elaboración propia. _____	145
Imagen 113. Proyección de los componentes arquitectónicos que harán parte del Malecón de LA Dorada. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada. _____	146
Imagen 114. Equipo técnico formulador de estudios y diseños del Malecón. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada. _____	147
Imagen 115. Recorrido de campo del equipo técnico de estructuración y diseños del malecón. Fuente: Elaboración Propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada. _____	148
Imagen 116. Zonificación general de la obra de Malecón. Fuente: Gobernación de Caldas. _____	149
Imagen 117. Comité técnico equipo de estructuración y diseño malecón. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada. _____	151
Imagen 118. Socialización de avance de diseños en la Gobernación de Caldas. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada. _____	151

Lista de Tablas

Tabla 1. Características técnicas de las bandas y longitudes de onda de los satelitales Landsat 5 - Landsat 8. Fuente: landsat.gsfc.nasa.gov.	48
Tabla 2. Variables climáticas en el municipio de La Dorada. Fuente PBOT La Dorada 2013-2027.	29
Tabla 3. Coordenadas geográficas del área de estudio. Magna Colombia Bogotá. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 4. Barrios con influencia directa e indirecta en el proyecto de mitigación de socavación del río Magdalena y sus áreas en hectáreas.	69
Tabla 5. Identificación y cálculo de áreas de las manzanas que se encuentran en el área de influencia directa e indirecta del desarrollo del proyecto de mitigación del riesgo. Fuente: Elaboración propia.	71
Tabla 6. Propiedades físicas de la roca a emplear para el diseño Rip - Rap según diseños 2018.	85
Tabla 7. Propiedades físicas de la roca a emplear para el diseño Rip - Rap según rediseños 2020.	90
Tabla 8. Viviendas a reasentar por riesgo de inundación y deterioro físico, Fuente: Ajustado de FONVIPO y Defensa Civil, Ola Invernal del año 2008.	105
Tabla 9. Viviendas que fueron intervenidas (demolidas) y reubicadas.	107
Tabla 10. Viviendas que están en proceso de reubicación para el Proyecto de Viviendas de interés Prioritario en la Urbanización Primavera.	108
Tabla 11. Proveedores de terceros en relación a materiales de construcción, disposición de materiales de excavación y residuos sólidos, disposición aguas residuales. Fuente: Elaboración propia- Gobernación de Caldas-INGECON.	116
Tabla 12. Cálculo de volumen de la roca dispuesta a través del método de perfiles y cubillaje cada 20 metros. Fuente: Elaboración propia -INGECON.	130

2. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alertas tempranas y mediciones en tiempo real del nivel del río Magdalena para las emergencias por inundación en el municipio de La Dorada no existían antes de la ola invernal de los años 2011 y 2012. Es un común denominador que en nuestro país atendemos las emergencias y los desastres pero no se invierten los recursos suficientes para el conocimiento y prevención de los fenómenos amenazantes.

Los grandes beneficios como pesca, navegación, agricultura, entre otros, han hecho que a lo largo de los tiempos las comunidades opten por desarrollarse y constituirse a las riberas de los ríos, sin considerar los riesgos que conlleva para la población y es por tal razón que gran cantidad de los municipios Colombianos que se han desarrollado en estas zonas se consideran desde el punto de vista hidrogeológico y geomorfológico no aptos para el desarrollo urbanístico, como lo es en el municipio de La Dorada, el cual presenta periódicamente inundaciones por las crecidas del río Magdalena, debido al trazado de su sistema fluvial.

El río Grande de La Magdalena en el área de estudio posee geoformas relacionadas con drenajes “maduros” característico de zonas topográficamente de baja pendiente, poca actividad sísmica, con valles amplios y llanuras de inundación extensas denominado “Meandros”, conocido localmente como “La curva del conejo”; en la parte cóncava del meandro se encuentra el municipio de Puerto Salgar y en la parte convexa el municipio de La Dorada, los cuales presentan inundaciones en épocas de altas precipitaciones debido al aumento del caudal del río en el área invadida progresivamente donde los sedimentos del río se han depositado.

El estudio de los meandros es de vital importancia, en especial si en sus cercanías se hallan asentamientos humanos, como es el caso de La Dorada. No se conoce en Colombia

mucha bibliografía relacionada con estudios detallados de la problemática asociada a la existencia de la población al interior del meandro de parte de instituciones de orden departamental o nacional como CORPOCALDAS y CORMAGDALENA, excepto un estudio (CorpoCaldas and Aristizabal M, Víctor Mauricio, 2013) relacionado con riesgos de inundaciones. Cabe notar que en la actualidad Empocaldas, empresa encargada del manejo de aguas lluvias, acueducto y alcantarillado, está en el desarrollo de proyectos encaminados a controlar el problema de inundaciones asociado a la existencias del caño anteriormente mencionado. (Soto Juan, Escobar Jorge, 2018)

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ausencia de Herramientas aplicadas a la evaluación de la gestión del riesgo y especialmente en la formulación de los planes de ordenamiento territorial de los municipios Colombianos, no han permitido adelantar investigaciones en la identificación de geoamenazas (fenómenos de origen natural) que puedan interactuar con el desarrollo urbanístico y con la determinación de los usos del suelo del territorio. Esto podría determinarse a través de la articulación de información geoespacial, Catastral municipal, datos estadísticos de las fluctuaciones en el nivel del río Grande de la Magdalena, análisis geomorfológicos e hidrogeológico, que permita disminuir vulnerabilidad y de esta manera realizar una gestión del riesgo en el municipio de La Dorada Caldas.

La zona de inundación y socavación afecta un área urbana en el municipio sin tenerse cuantificado los posibles afectados ni tener estrategias para la prevención por fenómenos de origen natural como de erosión y socavación. por esta razón, el presente proyecto establece el modelo predictivo de las zonas a intervenir de acuerdo a la cota del nivel del río Grande de La Magdalena donde se identifique viviendas y edificaciones con respecto al río, los barrios que se ven afectados con la pérdida del suelo urbano, la cantidad de población en cada barrio y la secuencia en que se ven afectados los barrios en los diferentes niveles de creciente del río Magdalena, además de realizar una propuesta del límite de uso del suelo que debe existir para la expansión urbana del municipio de La Dorada. Esta información será presentada por medio de cartografía temática “Planos en escala adecuada según corresponda”.

4. ANTECEDENTES

Este caso de estudio ha sido investigado y analizado por diferentes autores en monografías y tesis de pregrado, en orden cronológico son las siguientes:

- (enero 2017) Evolución y comportamiento del meandro “curva el conejo” del río Magdalena en el sector de la Dorada-Caldas Scientia Et Technica, vol. 23, núm. 2, 2018 Universidad Tecnológica de Pereira

Se Realizó un análisis multitemporal del río Magdalena en el Municipio de La Dorada-Caldas, para obtener un modelo básico de la evolución del canal de este drenaje en la curva El Conejo. Se realizó un recuento histórico entre los años 1924 y 2016, mediante el uso de herramientas S.I.G. El río Magdalena en la curva El Conejo de dicha localidad, ha sufrido un comportamiento brusco de aproximadamente 1540 metros; atípico en la evolución de su canal, evidenciado principalmente en un periodo comprendido entre los años 1952 y 1962.

- 2018 (Teledetección en la dinámica fluvial del río Magdalena en el municipio de la Dorada, departamento de Caldas y Puerto Salgar, departamento de Cundinamarca, Colombia para los años 1986 - 1990 – 2000 – 2016.) Jhonnatan Steven García Díaz - Diego Alejandro Calderon Peralta

Para el área de estudio se utilizó información de imágenes Landsat de los años 1986, 1990, 2000 y 2016, la cual fue descargada del portal USGS; se utiliza el software ArcGIS versión 10.3 para procesar y analizar la información obtenida espacialmente. Adicionalmente se utilizó información secundaria del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), la descripción de la población (DANE) y el mapa geológico (IGAC). El objetivo de la investigación es determinar la dinámica fluvial del río Magdalena en la dimensión espacio

temporal en el Km 640 en los municipios de la Dorada y Puerto Salgar en los años 1984-1991-2001-2014, identificar las características geomorfológicas de la zona de estudio.

- Geólogo. FREDY MARTÍNEZ AGUIRRE - Corporación Autónoma Regional de Caldas, Manizales, Colombia.

Con el estudio se pretende tener un primer acercamiento a la problemática manifiesta en la zona, determinando zonas inundables, procesos de erosión fluvial, modelo de evolución del canal en la zona urbana, identificación de la vulnerabilidad y de las obras existentes.

El trabajo determinó zonas inundables, como consecuencia de crecientes máximas del río Magdalena, estas avenidas máximas son ocasionadas por fenómenos meteorológicos regionales. De presentarse este máximo caudal, es de esperar un desarrollo importante del meandro en la curva del conejo, que, de continuar la tendencia de los últimos 50 años, potencializará los procesos erosivos sobre su margen izquierda generando un alto riesgo para los barrios allí ubicados.

De acuerdo a las condiciones climáticas de alta pluviosidad presentada a lo largo del territorio colombiano comprendida entre el 15 de Mayo al 20 de Mayo de 2017, en donde se obtuvo un incremento considerable del caudal del RGLM y sus drenajes tributarios, llegando a un nivel máximo de 6.78 mts. (Estación meteorológica IDEAM costado Sur-occidental de la base aérea Germán Olano “Palanquero”), y debido a procesos exógenos naturales desencadena la evolución geomorfológica por procesos de erosión en la parte alta de la cuenca hidrológica y posterior sedimentación en la cuenca media y baja; generando en temporada de baja pluviosidad geofomas de origen aluvial denominadas estructuras sedimentarias como barras laterales(depósitos sedimentarios al costado del cauce) y barras longitudinales(Depósitos sedimentarios en la parte media del canal) a lo largo de la zona de estudio por pérdida de energía y competencia de transporte de sedimentos del río, lo anterior

influyendo de forma directa en la dinámica fluvial del mismo; provocando redireccionamiento de la corriente de agua hacia la zona urbana del Municipio de La Dorada comprometiendo la estabilidad, pérdida de suelo y afectación a infraestructuras de la ribera, evento natural que cronológicamente aumenta sus dimensiones, las estructuras sedimentarias y el desplazamiento paulatino del cauce del río.

De igual manera se realiza estudio de fotointerpretación acompañado con visitas de campo, documentación existente con el fin de identificar de forma preliminar, las estructuras sedimentarias, dinámica fluvial, geomorfología, así como las zonas de erosión y sedimentación, identificando principalmente dos zonas de afectación y de geoformas aluviales.

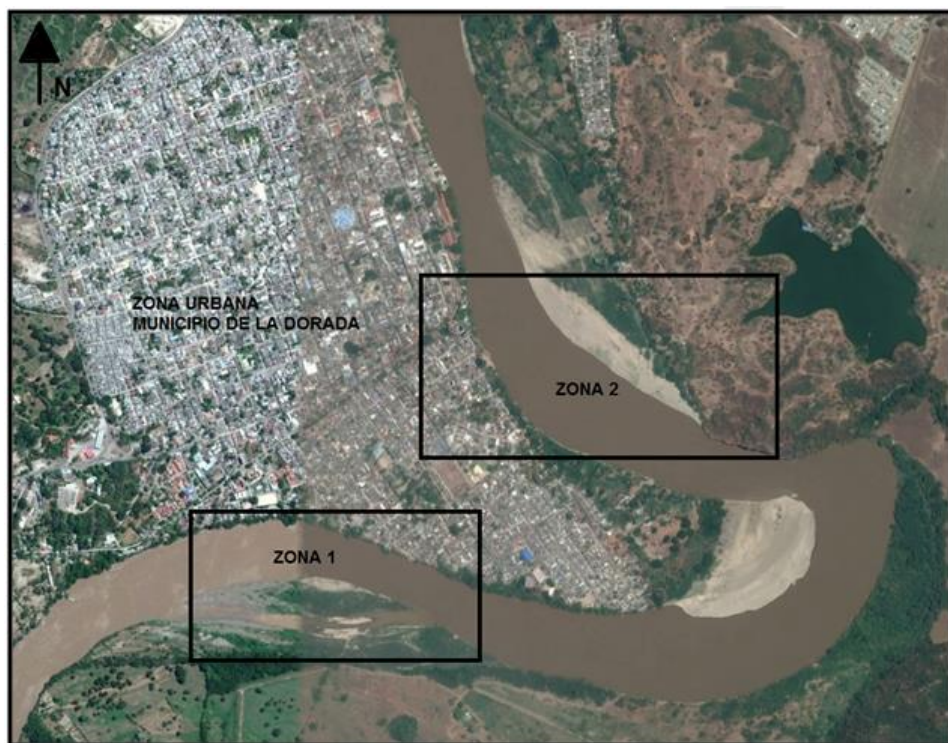


Imagen 1. Fotointerpretación-Ubicación geográfica, principales zonas de erosión y sedimentación.
Fuente: Elaboración propia, tomado y modificado de Google Earth.

ZONA DE AFECTACIÓN IDENTIFICADAS.

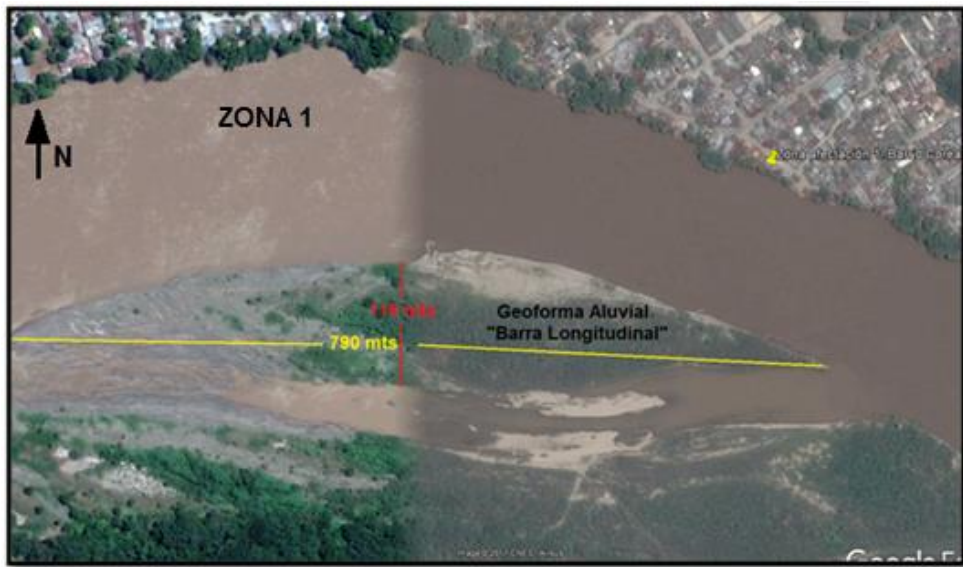


Imagen 2. Análisis de sedimentación y erosión de la zona 1 del meandro de la curva del "Conejo" municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3. Análisis de sedimentación y erosión de la zona 2 del meandro de la curva del "Conejo" municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia.

En las zonas de afectación identificadas, se evidencia claramente que los depósitos sedimentarios son el resultado de un meandro en formación, generando una reducción en la amplitud del cauce y un aumento en la velocidad del flujo del cuerpo de agua, provocando un direccionamiento de la corriente, un aumento en la energía, aumento en la presión hídrica y un incremento en la capacidad erosiva del cauce sobre las riberas, provocando un desplazamiento del cauce hacia la zona urbana del Municipio de La Dorada.

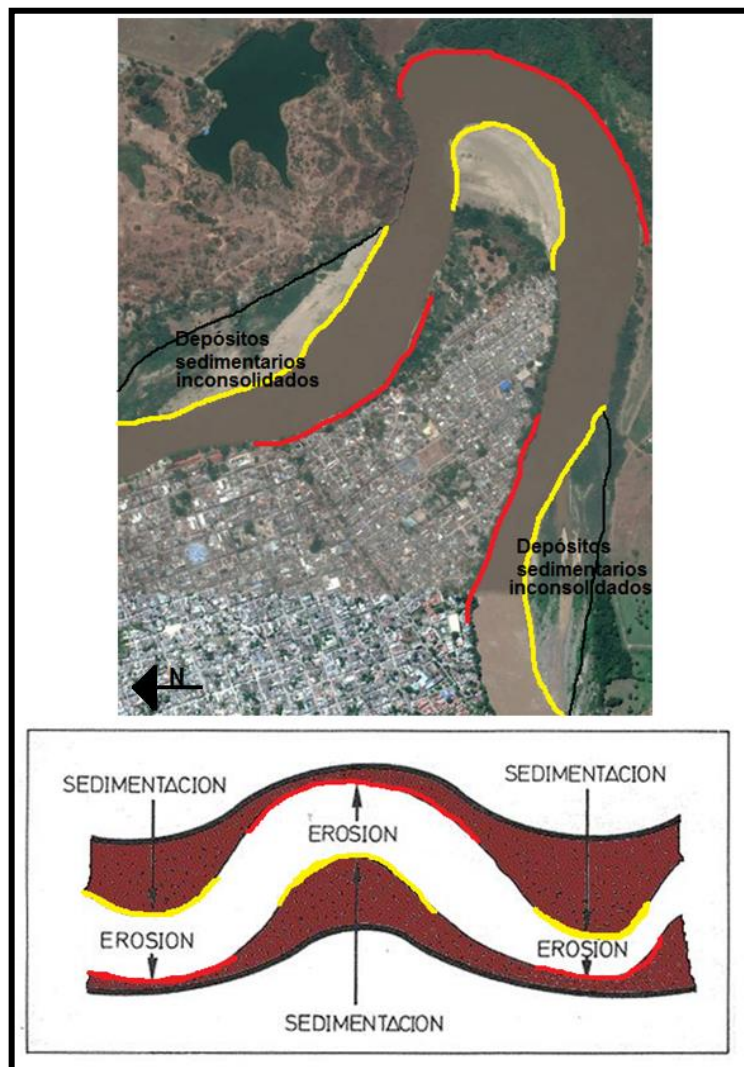


Imagen 4. Análisis general de los procesos geomorfológicos e hidrogeológicos presentes en el meandro de la curva el "Conejo". Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior se hace importante la recuperación del cauce habitual, para lo cual se considera la remoción de los depósitos sedimentarios inconsolidados o geoformas aluviales mencionados anteriormente, esto con el fin de ampliar y profundizar el cauce, que conduzca a la disminución de la energía, a la disipación de las líneas de máxima velocidad del flujo de agua del meandro en formación, por lo tanto se hace necesario evaluar y realizar mesas de trabajos de manera conjunta con las entidades correspondientes como las Corporaciones ambientales involucradas (CORMAGADALENA-CAR-CORPOCALDAS), las alcaldías de los Municipios de La Dorada y Puerto Salgar, con el fin de realizar acciones en conjunto para beneficio de la comunidad y el medio ambiente.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Pueden los estudios de Gestión del riesgo articularse con las tecnologías de la información geográfica, para establecer posibles escenarios de socavación del río Magdalena que permita diseñar obras ingenieriles tendientes a prevenir, reducir y mitigar el riesgo de desastres en el municipio de La Dorada Caldas?

6. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo al perfil profesional, al manejo de la temática que se tiene en lo referente al análisis y manejo de los sistemas de información geográfica, así como la experiencia laboral en el sector público , además de conocer la problemática por ser oriundo del municipio del área de estudio; es de gran motivación contribuir con la planificación y proyección del desarrollo económico y urbanístico , así como contribuir en los estudios que sean tomado como insumos para la formulación y aprobación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de La Dorada.

El presente proyecto permite la comprensión, monitoreo y elaboración de modelos predictivos de vulnerabilidad por fenómeno natural de inundación, que permita determinar la posible atención a desastres de una manera organizada y cuantificable, además de elaborar documento técnico investigativo que sea insumo para las actualizaciones del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de La Dorada Caldas que conlleven al desarrollo y planificación del territorio del Oriente de Caldas.

Como novedad del problema o temática de investigación se tiene el análisis hidrogeológico, geomorfológico y catastral predial del municipio de La Dorada con fines de evaluar el grado de vulnerabilidad por fenómeno natural de inundación en la región oriental del departamento de Caldas, se han determinado implementar nuevas tecnologías relacionadas con los sistemas de información geográfica, el avance de estas tecnologías han permitido desarrollar análisis con mayor exactitud y con una menor inversión en recursos económicos, haciendo provecho de herramientas como el uso de sensores remotos y/o aeronaves aéreas no tripuladas(Drones), generando información e investigaciones más confiables gracias a la implementación de tecnologías al servicio de los estudios ambientales y territoriales.

El municipio de La Dorada, está en constante riesgo de socavación lateral y de fondo en su ribera al río Magdalena, para lo cual es urgente llevar a cabo la construcción de una obra de protección hidráulica del Talud y parte del fondo del mismo, mediante un enrocado (Rip-rap) con el fin de mitigar el proceso erosivo, y así conservar su orilla.

7. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar escenarios y posibles infraestructuras para mitigar el riesgo de desastres asociadas a la socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio La Dorada.

Objetivos específicos

- Analizar el riesgo de socavación generado por el río grande de La Magdalena a la altura del municipio de La Dorada.
- Evaluar los procesos exógenos naturales que desencadenan la evolución geomorfológica por erosión y sedimentación en el área de estudio.
- Evaluar la mejor alternativa de infraestructura para mitigar el riesgo, asociado a la socavación en el municipio de La Dorada.

8. CONTEXTO GEOGRÁFICO DE ESTUDIO

8.1 Ubicación geográfica.

El área de estudio se encuentra ubicada en el área urbana del municipio de La Dorada, ubicado en el extremo oriental del departamento de Caldas, en la región conocida como Valle Medio del Magdalena. Limita al norte con el municipio de Sonsón (Antioquia) separado por el río La Miel, al oriente limita con los municipios de Puerto Boyacá (Boyacá), Puerto Salgar y Guaduas (Cundinamarca), separados por el río Grande de la Magdalena, por el sur Limita con el municipio de Honda (Tolima) separado por el Río Guarinó, y por el occidente limita con los municipio de Victoria y Norcasia (Caldas).

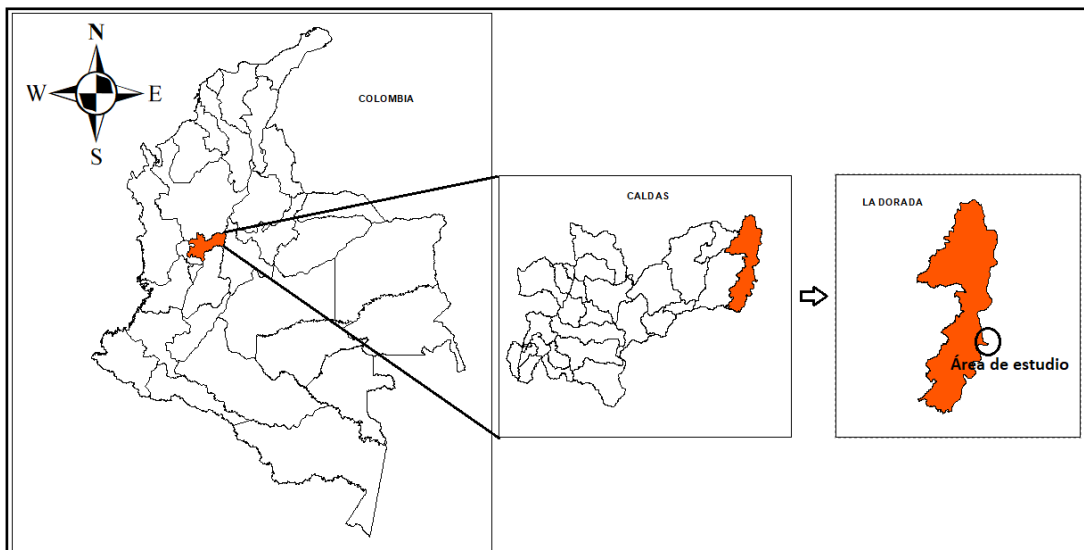


Imagen 5. Ubicación geográfica área de estudio de investigación proyecto de grado. Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista geológico y de la dinámica fluvial natural de los ríos, la parte sur-oriental del casco urbano del Municipio de La Dorada se encuentra ubicado en la formación de un Meandro, lo cual por procesos de erosión y depositación de sedimentos a través del tiempo geológico es propenso a un “estrangulamiento” del meandro el cual se genera por la zona urbana del Municipio, dividiendo el mismo en dos.

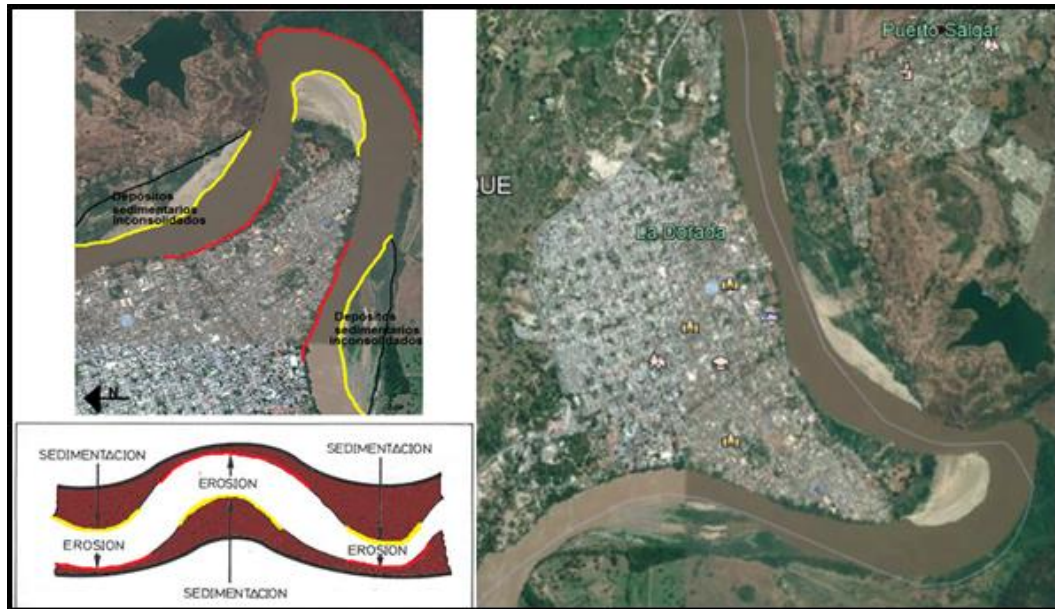


Imagen 6. Análisis Preliminar Geomorfológico. Fuente: Imágenes tomadas y modificadas de Google Earth.

8.2 Otras Características de la zona de estudio.

Climatología

El municipio de La Dorada está ubicado en la zona de confluencia intertropical, dominando el clima cálido con altas temperaturas, precipitaciones moderadas y una alta humedad relativa (FUNDACIÓN PURA VIDA Y EMPOCALDAS. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 2005. La Dorada Caldas).

El régimen de lluvias es bimodal, caracterizado por dos épocas de alta y dos de baja precipitación. Las dos primeras corresponden a los períodos de marzo-mayo y de septiembre-noviembre, con una precipitación de 60-120 mm/mes; las de baja precipitación en los meses de diciembre a febrero y de junio hasta agosto con registros de 20-60 mm/mes. La evapotranspiración, indica la evaporación y transpiración en cuanto a la pérdida del agua en forma de vapor de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera. Para el municipio se encuentran valores desde 1.550 hasta 1.735 mm/año; el brillo solar tiene rangos

desde 1.800 hasta 2.300 horas/año. La conformación de los suelos en esta zona hace que el escurrimiento tenga valores entre 0 y 30 Litros/seg/km² (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS. FUNDACIÓN PANGEA. Plan Indicativo de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. 2009. Manizales).

Tabla 1. Variables climáticas en el municipio de La Dorada. Fuente PBOT La Dorada 2013-2027.

VARIABLES CLIMÁTICAS			
CARACTERÍSTICA	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIO
Temperatura ambiente °C	26,2 °C	33,1 °C	28,5 °C
Precipitación total (mm)	0,0 mm	658 mm	2.092 mm
Evaporación (mm/año)	44,4 mm	319,9 mm	1.681,3 mm
Horas de brillo solar (h/día)	6.2 hr	8.3 hr	7.3 hr
Humedad ambiente (%)	50 %	87 %	73 %
Velocidad del viento (kph)	0.4 m/sg	3.6 m/sg	1.3 m/sg

Topografía

La Dorada se encuentra localizada en la cordillera central del país, en la zona oriental del departamento de Caldas. En general, presenta su mayor parte del territorio con topografía plana, con lo cual se ve favorecida altamente para el desarrollo de actividades agropecuarias. Sin embargo, esta topografía plana puede provocar que en épocas de inundación, el municipio se vea altamente amenazado por este tipo de fenómeno, sobre todo en los sectores cercanos al cauce del Rio Magdalena.

Descripción geológica de la zona de estudio

Las memorias explicativas de las planchas cartográficas geológicas del Servicio Geológico Colombiano (antiguo INGEOMINAS, 1976), las rocas que se pueden identificar van desde rocas del terciario representadas por el grupo Honda (Tsh) y sobre él la formación Mesa (Tsm) compuestas principalmente por areniscas muy consolidadas, encima de las cuales se encuentran depósitos del cuaternario representados por depósitos asociados a terrazas

aluviales (Qt) y aluviones recientes (Qar), tal como se puede apreciar en la Imagen No. 15. Las rocas del terciario son las que en apariencia están influyendo en la forma que ha predominado en el meandro en los últimos 70 años creando un control estructural en la dinámica fluvial en la región (Servicio Geológico Colombiano).

La curva el Conejo, ha sido de especial interés para muchos investigadores, por ejemplo (Duque Escobar, Gonzalo, 2013), (Valderrama Charry, Alberto et al., 2010), (CorpoCaldas and Aristizabal M, Víctor Mauricio, 2013) y (Soto Orjuela, Juan Carlos et al., 2012). El desarrollo del proyecto encaja en las perspectivas de investigación de entidades de índole departamental (Corpocaldas), regional (Cormagdalena y CIRMAG) y nacional (Mintransporte, IDEAM) con relación al potencial asociado a la existencia de nuestros ríos.

Aluviones Recientes: conformados principalmente por partículas polimícticas de granulometría variable pasando desde limos hasta guijos guijarros y bloques, lo anterior en procesos exógenos de sedimentación del río Grande de La Magdalena, corresponde a materiales con poca cohesión, consolidados y muy permeables.

Terrazas aluviales: constituido por pequeñas montañas con pendientes suavizadas de origen sedimentario o mesas construidas por los propios sedimentos del río que se depositan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor, con lo que su capacidad de arrastre también se hace menor, corresponden a remanentes del cauce antiguo (paleocanales), en la región de pequeños afluentes del río Magdalena y de este mismo, por donde sus corrientes se han abierto camino hacia un nivel subyacente, mediante la erosión de sus propios depósitos y lecho del cauce.

Formación Mesa: litológicamente se correlaciona con los afloramientos expuestos (en Caldas) entre los municipios de Victoria y La Dorada, su génesis es a partir de intercalaciones de secuencias constituidas por conglomerados volcánicos, arenitas tobaceas, arenas y gravas de origen aluvial como ambientes lacustres con aporte piroclástico

provenientes del arco volcánico de la cordillera central, en sus capas de ceniza volcánica se evidencian restos de fósiles vegetales como hojas y tallos datados de edad Plioceno temprano, la morfología actual es debido a los agentes atmosféricos como meteorización y erosión diferencial de las rocas estratificadas horizontalmente (Dueñas & Castro, 1981).

El Grupo Honda (NgH): es un grupo geológico de las Cuenca Magdalena Superior y Cuenca Magdalena Medio adyacentes a las Cordilleras Central y Oriental de los Andes colombianos. El grupo, en la literatura más antigua también definida como formación, se encuentra en su sección de tipo actual en el Desierto de la Tatacoa en el departamento de Huila subdividido en dos formaciones principales, La Victoria y Villavieja.

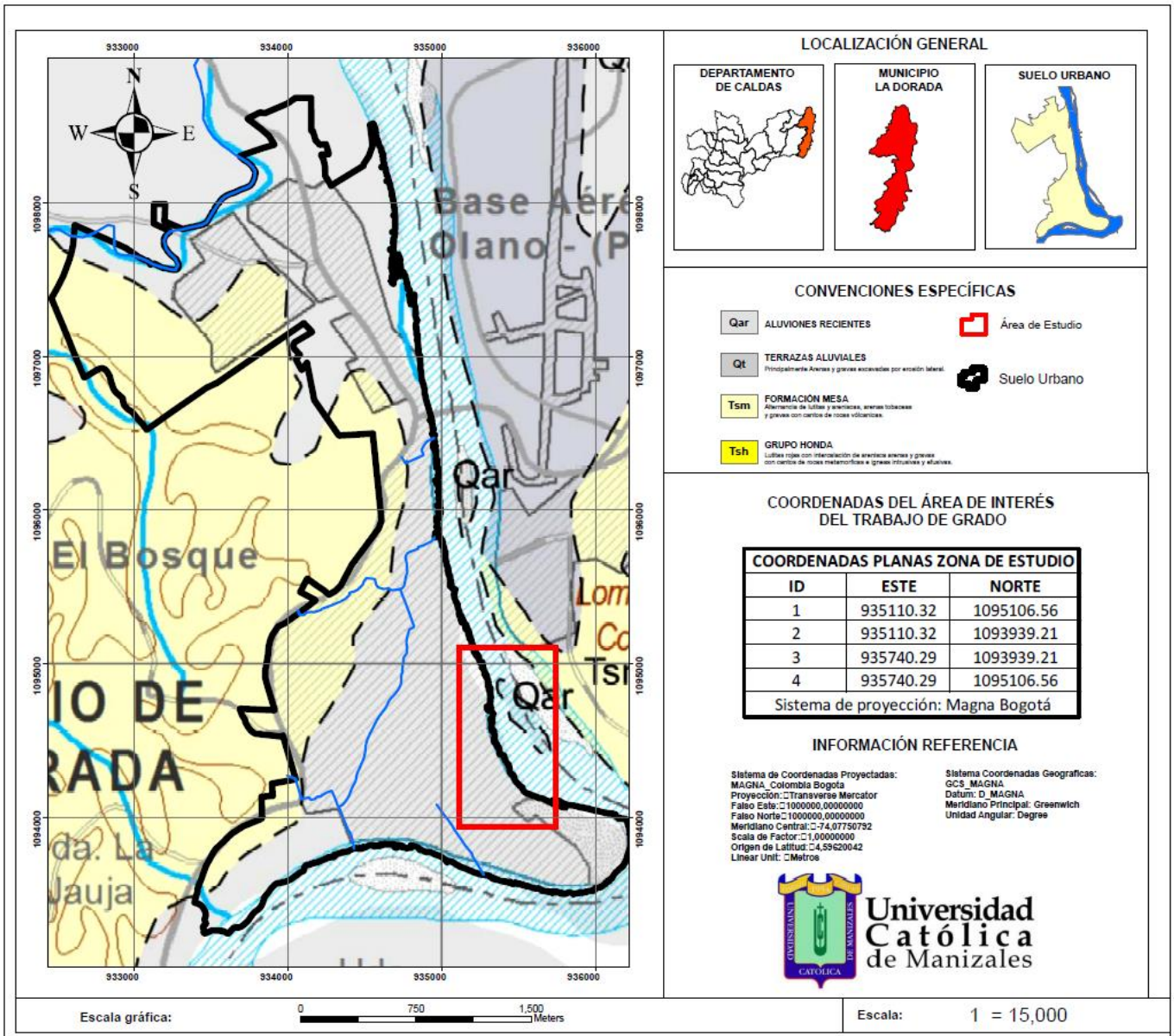


Imagen 7. Unidades litológicas presentes en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia noviembre 2021..

La estratigrafía y las unidades litológicas identificadas preliminarmente a través de las memorias explicativas del servicio geológico colombiano, fueron corroboradas a través de estudios de suelos en donde se realizaron seis (6) perforaciones con una profundidad promedio de 15 metros, así como apiques y trincheras distribuidas a lo largo del lineamiento del diseño del enrocado.



Imagen 8. Perforaciones para estudios de suelos a lo largo del lineamiento del diseño del enrocado Rip Rap.
Fuente: Gobernación de Caldas- Alcaldía La Dorada - VACAB.



Imagen 9. Apiques para descripción sedimentaria, toma de muestras para análisis granulométrico y capacidad portante de los suelos en área de influencia del proyecto de mitigación de socavación.

Geomorfología.

Los factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grandes grupos:

- **Factores geográficos:** entre los que se consideran los factores abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, el suelo, el clima (presión, temperatura y vientos) y los

cuerpos de agua (agua superficial, con la acción de la escorrentía, la acción fluvial y marina, o los hielos en el modelado glacial).

- **Factores bióticos:** El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación, sin embargo, existen no pocos animales que colaboran con el proceso erosivo.

- **Factores geológicos:** tales como la tectónica, el diastrofismo, la orogénesis y el vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico.

- **Factores antrópicos:** La acción del hombre sobre el relieve es muy variable, dependiendo de la actividad que se realice, en este sentido es muy difícil generalizar, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.

Para el área de estudio contamos con dos factores principales que desencadenan los procesos geomorfológicos, por un lado contamos con el factor geográfico, donde se evidencia un sistema montañoso de bajas elevaciones y con pendientes muy suavizadas correspondiente a unidades litológicas de las terrazas aluviales o paleocanales corresponde a una zona típica de valle aluvial donde predominan las formas suaves de llanura, con presencia de colinas de poca altura de antiguos rellenos del valle, por otro lado contamos con remanentes de la Formación Mesa, en donde evidenciamos cerros tutelares o relictos generados por los procesos erosivos diferenciales, que le dan su morfología característica; por otro lado contamos con el factor geológico, donde encontramos formaciones litológicas más antiguas (Formación Mesa-Grupo Honda), unidades sedimentarias con un mayor grado de consolidación y cohesión que le dan un control estructural al cauce y a la dinámica fluvial en cuanto a procesos erosivos y denudativos en la región.

Estos principales factores desencadenan geomorfológicamente la formación de meandros en el valle medio del Magdalena, específicamente a la altura del casco urbano del municipio de La Dorada se cuenta con un amplio valle tallado por la influencia del río en sus afluentes durante millones de años, el proceso está relacionado directamente con la orogénesis de ambas cordilleras (central y cordillera oriental) formando este amplio valle con pendientes escasas y grandes llanuras de inundación.

Meandros

Un meandro es una curva descrita por el curso de un río, cuya curvatura es muy pronunciada. Se forman con mayor facilidad en los ríos de las llanuras aluviales con pendiente muy escasa, dado que los sedimentos suelen depositarse en la parte convexa del meandro, mientras que en la cóncava, debido a la fuerza centrífuga predomina la erosión y el retroceso de la orilla.

La descripción técnica de un curso de agua serpenteante se denomina geometría de meandros. Se caracteriza como una forma de onda irregular, en el momento en que el río rebaja la pendiente del cauce, al alcanzar el estado de equilibrio, el río continúa excavando sus orillas. Esta erosión lateral no altera de forma apreciable la pendiente, y por tanto no afecta materialmente al equilibrio. En la parte exterior de una curva el cauce erosiona lateralmente, excavando la pared del valle. En la parte interna de la curva se acumulan los aluviones, iniciándose el crecimiento de una ribera aluvial, que constituye la base para el desarrollo del lecho de inundación. Al proseguir la erosión lateral, las primeras franjas del lecho de inundación se ensanchan, y la corriente desarrolla una sucesión de curvas denominadas meandros aluviales. El lecho de inundación se va ensanchando progresivamente

hasta formar una zona de tierra llana entre las paredes del valle, que suelen quedar como una abrupta vertiente denominada escarpe.



Imagen 10. Control estructural e hidrogeológico del río Magdalena a la altura del municipio de La Dorada, "Cerro la Barrigona". Elaboración propia, Noviembre 2021.

La erosión y simultánea deposición puede ir transformando una suave curva en una mucho más pronunciada, como una horquilla de pelo. El meandro no solo crece lateralmente, sino que también se va desplazando valle abajo. Los meandros raramente tienen una posición fija, sino que migran a lo largo de la llanura aluvial, dejando escarpes y barras de meandro arqueadas que marcan sus sucesivas posiciones. El efecto combinado del crecimiento lateral y el desplazamiento valle abajo proporciona a las riberas aluviales una forma arqueada, que consiste en una sucesión de barras y depresiones.

Las curvas de los meandros se van acentuando cada vez más y más, hasta que los recodos se intercomunican por tangencia, acortando el curso del río y dejando un meandro abandonado. Este fenómeno se denomina estrangulamiento, y es seguido por la deposición de arena y limo en los límites del cauce abandonado, produciéndose un lago en forma de herradura, denominado oxbow.

9. MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo de la investigación se tendrá en cuenta las siguientes normas, decretos y resoluciones a seguir:

9.1 Normas Nacionales.

- Ley 9 de 1979 Código Sanitario Nacional.
- Constitución Política de 1991, artículo 339 Habrá un Plan Nacional de Desarrollo conformado por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional.
- Ley 99 de 1993: Ley General Ambiental de Colombia “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el
- Decreto 1865 de 1994 (Regula los planes regionales ambientales de las CAR y de los DS con la gestión ambiental territorial.
- Ley 388 de 1997: ley orgánica de ordenamiento territorial “Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones”
- Documento CONPES social número aplicación de los ODS 3918 del año 2018.
- Ley 1523 de 2012: “Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”.

9.2 Normas Locales.

PBOT LA DORADA 2013-2027 Acuerdo 038 de 2013 “Por el cual se adopta la revisión del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de La Dorada: Un proyecto colectivo de territorio”

La POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO establece proporcionar las condiciones necesarias para que los asentamientos humanos se ubiquen en zonas libres de amenaza, así como reducir el impacto de las viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo, reasentando las mismas ó incorporando medidas estructurales como obras de mitigación y no estructurales como la inclusión de elementos normativos del orden Nacional, Departamental y Municipal.

Objetivo General del PBOT.

- Establecer medidas de manejo estructural y no estructural para las zonas expuestas a amenazas y riesgos del municipio de La Dorada.

Objetivos Específicos del PBOT.

- Actualizar el inventario de sectores urbanos y rurales que presentan riesgos por fenómenos naturales.
- Realizar obras civiles y/o bioingenieriles para la mitigación del riesgo alto y moderado alto por fenómenos naturales.

- Reasentar a la población urbana y rural que se encuentran en riesgo alto por inundación, movimientos en masa, **socavación de orillas** y torrencialidad de cauces.
- Establecer como suelos de protección, las zonas de riesgo alto no mitigable y aquellos sectores que fueron reasentados.
- Fortalecer las entidades encargadas de la prevención y atención de desastres en el municipio de La Dorada.
- Capacitar y divulgar a la comunidad, los diferentes fenómenos naturales que causan amenaza en el Municipio.
- Incorporar y actualizar los estudios técnicos desarrollados por las entidades competentes frente a la identificación de áreas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Estrategia General

- Identificar, delimitar, definir y declarar las áreas expuestas a amenazas y riesgos del municipio de La Dorada.

Estrategias Específicas

- Actualizar la información de las zonas de amenaza y riesgo en el área urbana y rural.
- Adelantar estudios de diseño para el desarrollo de obras civiles para la mitigación del riesgo alto de viviendas localizadas en el área urbana y rural.
- Gestionar recursos para el financiamiento de proyectos en zonas estratégicas y prioritarias de riesgo alto, en el municipio de la Dorada – Caldas.

- Elaborar estudios de identificación de zonas para el reasentamiento de viviendas expuestas a riesgo alto por fenómenos naturales.
- Reasentar las familias ubicadas en zonas de riesgo alto por fenómenos naturales.
- Gestionar el diseño y la construcción de obras civiles para la mitigación del riesgo en las zonas afectadas.
- Elaborar el Estudio de protección de orillas en el municipio.

De acuerdo al marco normativo en lo relacionado a la política de gestión del riesgo establecido en el PBOT para el municipio de La Dorada, aprobado para el periodo 2013-2027, a través del acuerdo No. 038 de 2013, se debe realizar la identificación, gestión de recursos, diseños y construcción de obras que permitan mitigar los riesgos en el municipio; a través de la elaboración de los diseños y construcción de la obra de mitigación de riesgo por socavación en la margen izquierda del municipio de La Dorada que describe el presente trabajo, se demuestra como el municipio y el departamento han aunado esfuerzos con el fin de avanzar en el cumplimiento de esta política que beneficie a la comunidad de la Región del Magdalena Caldense.

10. MARCO TEÓRICO

10.1 Bases Teóricas

10.1.1 Vulnerabilidad Física

Según el autor Wilches G (1993) plantea que la Vulnerabilidad Física “Se refiere especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y a las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos”. Frente al riesgo de terremoto, por ejemplo, la vulnerabilidad física se traduce, primero, en la localización de la comunidad en cercanías a fallas geológicas activas y, segundo, en la ausencia de estructuras sismo-resistentes en las edificaciones

10.1.2 Fenómenos de origen natural

Los fenómenos naturales la lluvia, el viento, las mareas, las nevadas, los rayos, los huracanes, la erupción de un volcán, un periodo de sequía, una inundación, un sismo, las estaciones, todos son fenómenos naturales, a través de los cuales la tierra manifiesta su actividad. Se considera que la tierra es un organismo vivo que muestra en estos fenómenos su actividad permanente.

10.1.3 Asentamiento Humano

El autor Wilches (1993) define “Un asentamiento humano es un sitio específico donde se establecen varias viviendas o refugios habitados por personas con vulnerabilidad económica, imposibilitados para la compra de vivienda”

10.1.4 Tipos de alertas

Según la guía comunitaria para la gestión del riesgo de desastre las acciones para la aplicación a riesgos por inundaciones son las siguientes.

Nivel de Alerta	Significado	Aplicación en riesgos	Acciones CMGRD
	Normalidad	Todos los riesgos	Adelantan acciones de preparación, capacitación, equipamiento, elaboración de estrategias, protocolos, simulacros, capacitaciones a instituciones y comunidad, etc.
	Cambios/señales de peligros o incremento de susceptibilidad	Todos los riesgos, excepto sismos y algunos movimientos en masa	Se realiza la revisión de las capacidades existentes, la verificación de las comunicaciones y los protocolos definidos. Se fortalecen los procesos de información a la comunidad y la promoción de acciones de preparación en caso de que se presenten. El Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres se reúne para realizar esta revisión y se verifican y fortalecen los mecanismos de monitoreo.
	Alerta por señales de peligro identificadas que indica que podría desencadenarse el riesgo en términos de semanas o días	Volcanes Tsunami de origen regional o lejano Ciclón tropical/huracán Incendio forestal Inundaciones Movimientos en masa	Se activa el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, se evalúan los posibles escenarios y los protocolos de respuesta. Se hacen los respectivos alistamientos para el manejo de los posibles impactos. Se activa la sala de crisis y se establecen turnos de trabajo. Se continúa fortaleciendo las acciones de información a la comunidad, indicando las señales de peligro y sus acciones como primera respuesta, números de emergencia, etc.
	Evento inminente o en curso, se esperan efectos en término de días o horas	Erupción volcánica inminente o activa Tsunami de origen cercano (regional o lejano acorde a los tiempos de arribo a la costa) Ciclón tropical/huracán Incendio forestal Movimientos en masa Inundaciones Sismo*	Se activa el protocolo de respuesta, se evalúa la magnitud para dar la respuesta identificada acorde con esta. Se evalúan riesgos asociados y se toman las medidas correspondientes. Se realiza información a la comunidad en general acerca de lo sucedido, medidas implementadas y gestiones requeridas.

Fuente: Guía comunitaria Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. UNGRD

10.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Con los SIG se pretende entonces conocer la tipología, distribución geográfica de cada uno de los elementos a tener en cuenta en el caso estudio, e identificar áreas donde se presenten actividades mineras a cielo abierto de explotación de oro de aluvión. la tubería presenta mayor vulnerabilidad.

Los SIG han evolucionado a grandes pasos durante el tiempo y son múltiples los conceptos aportados por diferentes investigadores, lo cual ha permitido concluir que los SIG son un sistema informático compuesto de software y hardware, diseñados para soluciones a problemas sin tener contacto con el objeto, implementando bases de datos y permitiendo tener información georreferenciada para la localización de los eventos, mapas, visualización de diferentes escenarios, gráficos, análisis estadísticos etc, facilitando la toma de decisiones.

10.3 Componentes de un SIG.

Los sistemas de información geográfica como sistema se componen de:

- **Hardware:** Conjunto de elementos físicos y materiales (servidores, computadores) que facilitan la manipulación de las bases de datos y los programas SIG.
- **Programas o Software:** Administradores de bases de datos, que permiten la visualización, almacenamiento, diseño, análisis e integración de la información.
- **Datos:** Representación de un atributo o una variable cuantitativa que diferencian a los SIG de otros sistemas de información. La calidad de la base de datos determina la eficiencia y eficacia de los resultados obtenidos por medio del SIG.
- **Procedimientos:** Técnicas implementadas por los usuarios que tienen contacto con los sistemas de información geográfica, para llevar a cabo sus fines, en las cuales se realizan actividades como captura de datos (datos alfanuméricos, digitalización), estructuración, edición, actualización de información, entre otros.
- **Recurso Humano:** Personal compuesto por analistas, desarrolladores, administradores, programadores, y usuarios encargados de operar, editar y administrar el SIG, facilitando el establecimiento de la estructura del mismo, para la toma de decisiones en lo relacionado a procesos propios del sistema.

10.4 Funciones de un SIG

- **Captura de la información:** Funciones por medio de las cuales, se obtiene la información geográfica y espacial, para la generación de procedimientos que permitan dar soluciones a diferentes problemáticas. Esta información se puede adquirir por:

- Levantamiento topográfico.
 - Fotogrametría.
 - Teledetección.
 - Muestreo en campo y encuestas.
 - Bibliografía, censos, etc.
- **Gestión de información:** Permite realizar diversas operaciones sistemáticas para facilitar la estructuración de la información, tales como administrar la base de datos, generar capas superpuestas, realizar modelos, cambios de escalas y trabajar con imágenes *Ráster*. Con el fin de focalizar el área de interés y lograr un mejor entendimiento de los componentes del caso estudio y de esta manera dar soluciones efectivas a los cuestionamientos a los que se le desea dar respuesta.
 - **Análisis de datos:** procesamiento y manipulación de los datos, por el cual se pretende generar nueva información, que permita la posterior toma de decisiones para llegar a una solución, apoyándose en:
 - Consultas a la base de datos
 - Realización de pruebas y modelos
 - Generación de análisis temporales y
 - Ejecución estudios complejos.
 - **Salida:** Resultado final que permite al usuario el entendimiento de los resultados a los cuestionamientos, los cuales pueden ser representados por mapas, gráficas, tablas, listados.

10.5 Bases de Datos Geográficas

“Una base de datos geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la

asociación entre sus dos principales componentes: Datos espaciales y atributos o datos no espaciales”. (ESRI, 1998).

Las bases de datos geográficos son colecciones de datos espaciales que permiten la localización de un punto en una determinada área de la tierra; estas bases están almacenadas y organizadas sistemáticamente con el fin de servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Cada una de las estructuras de las bases de datos geográficas contiene un vínculo localizado en un campo clave que contiene un número identificador para cada uno de los objetos el cual hace parte de atributos gráficos y no gráficos.

Las bases de datos almacenan los atributos de cada uno de los objetos cartográficos, que en un SIG son representados en capas vectoriales que contienen la tipología y geometría de cada representación, los cuales son organizados por capas de información, llamadas también niveles.

10.6 Percepción Remota

La Percepción Remota (Remote Sensing) o Teledetección puede definirse como la ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto. Para que ello sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor situado en una plataforma (satélite, avión, etc.). (Teledetección, 2018)

Los sensores, de acuerdo a la región del espectro donde operan se pueden clasificar como de microondas, Visibles. Infrarrojos; y según el tipo de energía usada es posible diferenciar dos tipos de detección dependiendo del sensor empleado en activos y pasivos.

- En primer lugar se encuentran los Sensores de percepción activa los sistemas de percepción activa generan una señal, rebota en un objeto, y miden las características de la señal reflejada. Un ejemplo de este tipo de percepción es el RADARSAT (satélites canadienses). Las ondas de radio son emitidas por un transmisor y son recogidas por un receptor después de haber sido reflejadas por un objeto. Las señales reflejadas pueden ser usadas por los sistemas RADAR para determinar la distancia y dirección de los objetos percibidos. También se pueden crear imágenes de los objetos.
- En segundo lugar se encuentran los Sensores de percepción pasiva corrientemente las imágenes creadas por los sistemas de percepción pasiva son de mayor valor en las aplicaciones de la percepción remota en la producción agrícola. Los sistemas pasivos simplemente reciben las señales emitidas naturalmente y reflejadas por los objetos percibidos. Esas señales, generadas por la radiación solar natural, pueden proveer una información muy rica sobre los objetos percibidos. Entre los ejemplos de sensores remotos pasivos se incluyen los sistemas de escaneo óptico-mecánicos y los radiómetros Ejemplo de este tipo de sensores Landsat, Spot e Ikonos, entre otros. (Jensen, J.R., 1996.)

11. METODOLOGÍA

11.1 Fase 1. Definición de la zona de estudio.

La zona de estudio corresponde a la zona urbana del municipio de La Dorada, ubicado al Oriente del Departamento de Caldas, esta zona corresponde al tramo sobre la margen izquierda aguas abajo del Río grande de La Magdalena a la altura de los barrios Bucamba, El Conejo y Estación del ferrocarril, área que a través del tiempo, ha sido afectada por procesos denudativos y erosivos por acción de socavación por la hidrodinámica propia del sector conocido coloquialmente como Curva o Meandro del “Conejo”.



Imagen 11. Definición del área de investigación, “Curva del conejo” zona urbana municipio de La Dorada Caldas. Fuente: Elaboración propia.

11.2 Fase 2. Revisión bibliográfica.

Durante esta etapa se llevara a cabo una revisión bibliográfica de trabajos realizados en distintas partes del mundo, la cual pretende recopilar suficiente información para obtener una base de trabajo, tratando de encontrar la mejor forma de aplicar la técnica de sensores remotos para lo anterior se realizó revisión documental investigativo a través de base de datos de referencias bibliográficas como ElSevier; Scopus. Scielo principalmente.

11.3 Fase 3: Recopilación de información secundaria.

La información secundaria se recolecto de estudios realizados en el área, la información recopilada cuenta con cartografía base, información de suelos, coberturas e imágenes satelitales (Landsat 5 TM+ y Landsat 8 OLI TIRS), bases de datos de poblaciones y económicas, recolección de imágenes para realizar una mayor interpretación de la zona, estudios de dinámica fluvial, procesos denudativos, procesos erosivos, Planificación Urbana.

Tabla 2. Características técnicas delas bandas y longitudes de onda de los satelitales Landsat 5 - Landsat 8. Fuente: landsat.gsfc.nasa.gov.

Landsat - 5 TM (Thematic Mapper)				Landsat - 8 OLI (Operation Land Imager) TIRS(Thermal Infrared Sensor).			
Banda	Color	Resolución	Longitud de Onda (μm)	Banda	Color	Resolución	Longitud de Onda (μm)
				Banda 1	Coastal Aerosol	30 m	0.435 - 0.451
Banda 1	Blue	30 m	0.45-0.52	Banda 2	Blue	30 m	0.452 - 0.512
Banda 2	Green	30 m	0.52 - 0.60	Banda 3	Green	30 m	0.533 - 0.590
Banda 3	Red	30 m	0.63 - 0.69	Banda 4	Red	30 m	0.636 - 0.673
Banda 4	NEAR- INFRARED	30 m	0.76 - 0.90	Banda 5	NIR	30 m	0.851 - 0.879
Banda 5	NEAR- INFRARED	30 m	1.55 - 1.75	Banda 6	SWIR-1	30 m	1.566 - 1.651
Banda 6	THERMAL	120 m	10.40 - 12.50	Banda 10	TIR-1	100 m	10.60 - 11.19
				Banda 11	TIR-2	100 m	11.50 - 12.51
Banda 7	MID- INFRARED (SWIR_2)	30 m	2.08 - 2.35	Banda 7	SWIR-2	30 m	2.107 - 2.294
				Banda 8	Pancromatic	15 m	0.503 - 0.676
				Banda 9	Cirrus	30 m	1.363 - 1.384

Los datos captados por los satélites de Teledetección se registran en diferentes bandas del espectro electromagnético. Lo que genera una imagen monocromática que podemos visualizar en escala de grises con una paleta de tonos de 256 tonos. Por lo que cada pixel de la imagen puede contener un valor que oscila entre el negro (valor 0) y el blanco (valor 255) representando el nivel digital de cada pixel.

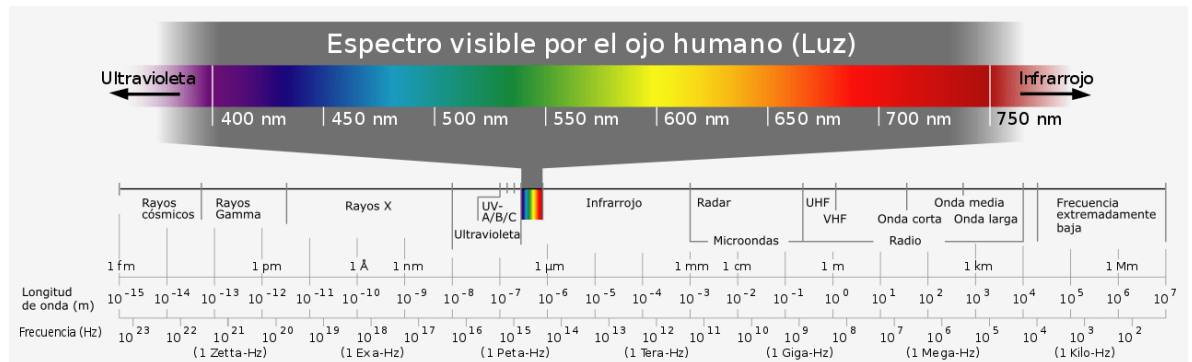


Imagen 12. Rango de longitudes de onda; Fuente: biologicalili.blogspot.com

11.4 Fase 4: descarga de las imágenes satelitales.

Se realiza descarga de las imágenes satelitales que correspondan y tengan cubrimiento de la zona de interés de investigación, a través de servicios gratuitos que brindan la posibilidad de realizar los respectivos procedimientos para el mejoramiento digital de las imágenes seleccionadas, para observar y realizar análisis multitemporal del cambio geomorfológico de la margen izquierda aguas abajo del área urbana de La Dorada Caldas a la altura de los barrios Bucamba, El Conejo y estación del ferrocarril.

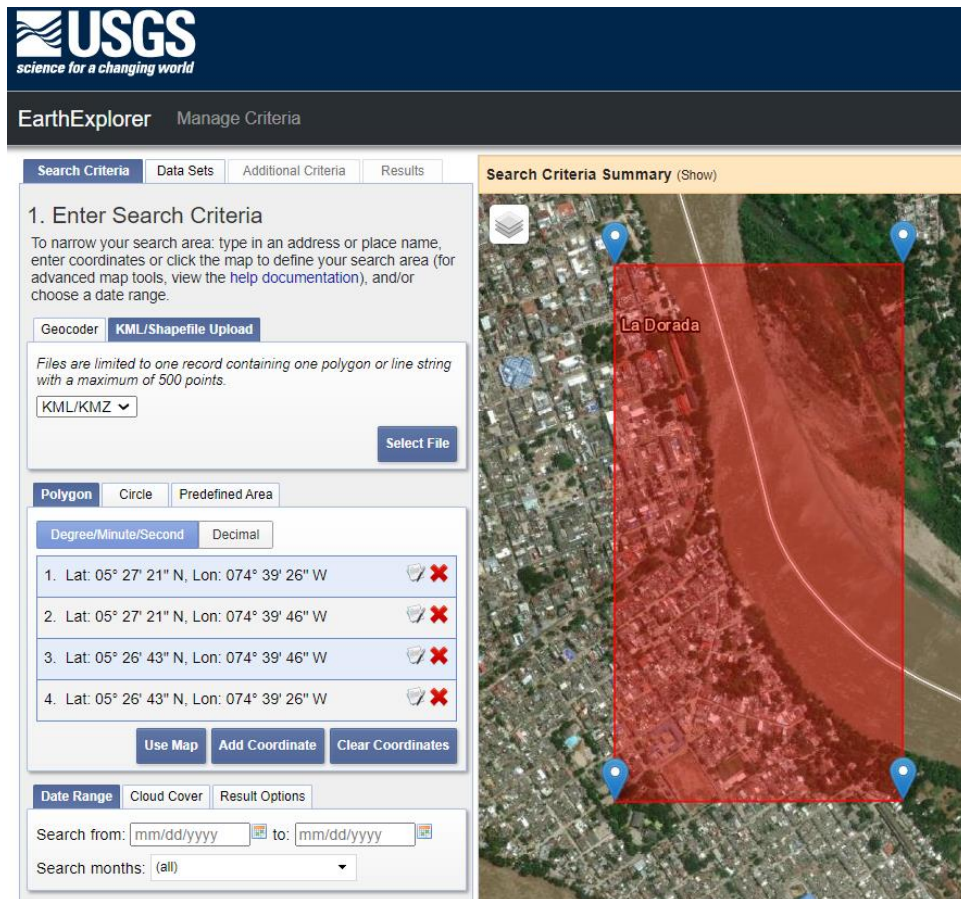


Imagen 13. Determinación del área de trabajo para descarga de imágenes multiespectrales. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS.

11.5 Fase 5: Pre-procesamiento.

Consiste en el procesamiento inicial de los datos crudos para corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y eliminar el ruido. Las distorsiones radiométricas obedecen a mecanismos que alteran los valores de brillo de los píxeles y se deben fundamentalmente a interferencias atmosféricas y a efectos asociados a instrumentación. Para esta metodología se solicitará al Servicio Geológico de los Estados Unidos de América, suministrar las imágenes satelitales en modalidad de "Level 2" las cuales cuentan con las correcciones Atmosféricas y de reflectancia.

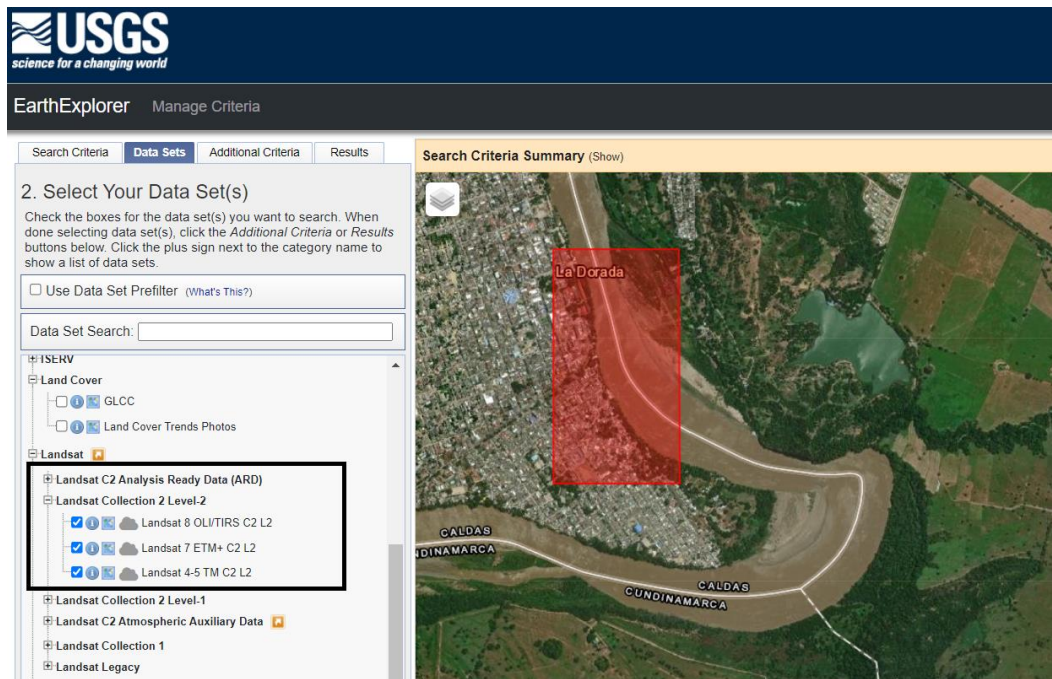


Imagen 14. Solicitud al Servicio Geológico de los Estados Unidos de imágenes multiespectrales de 2021 para colección de satélite LANDSAT 8. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS.

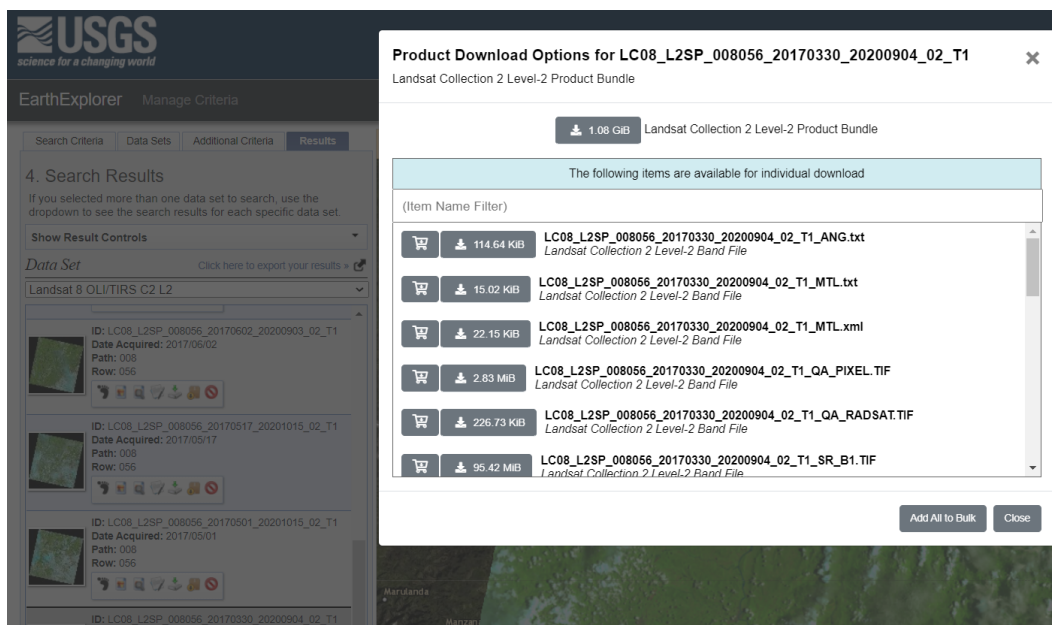


Imagen 15. Adquisición final de imágenes multiespectrales para 2021 del satélite LANDSAT 8. Fuente: Elaboración propia acondicionada de USGS.

11.6 Fase 6. Obtención y procesamiento de sobrevuelos fotografías aéreas IGAC.

La georreferenciación de las imágenes proporcionadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se realizó con el fin de transformar las fotografías aéreas suministradas para la ventana de tiempo de 81 años, para que aparezcan espacialmente correctas en un mapa; Este geoprocesamiento se realizó a través de la herramienta de “Georeferencing” de ArcMap.

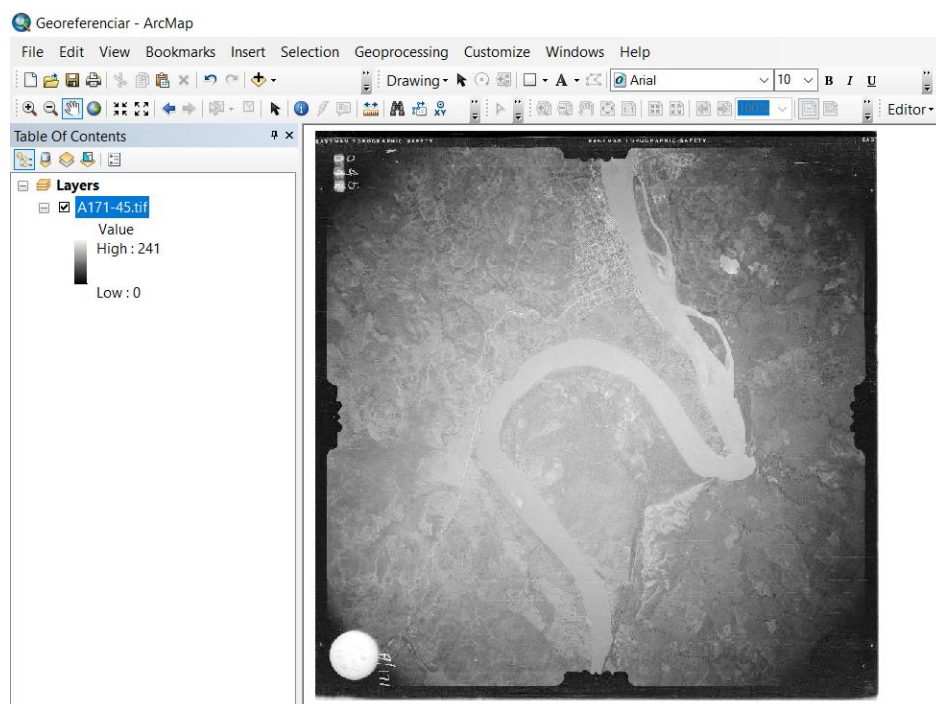


Imagen 16. Proceso de carga de la imagen suministrada por el IGAC sin georeferenciar. Fuente: Elaboración propia.

Para el procedimiento descrito anteriormente, se empleó el reconocimiento de puntos en común que tuvieran las imágenes suministradas por el IGAC y para esto se empleó el visor geográfico gratuito de Google Earth, se definieron los puntos de control, se eligió proyectar en coordenadas planas con origen Magna Colombia Bogotá, posteriormente se realizó proceso de ortorectificación de las imágenes para que todas logaran estar con el mismo sistema de coordenadas, superpuestas entre sí y lograr hacer análisis de cambios en las coberturas del

suelo en el área de interés, para este caso, se realizó el análisis del cambio en la pérdida de suelo por riesgo de socavación de la ribera en el municipio de La Dorada.

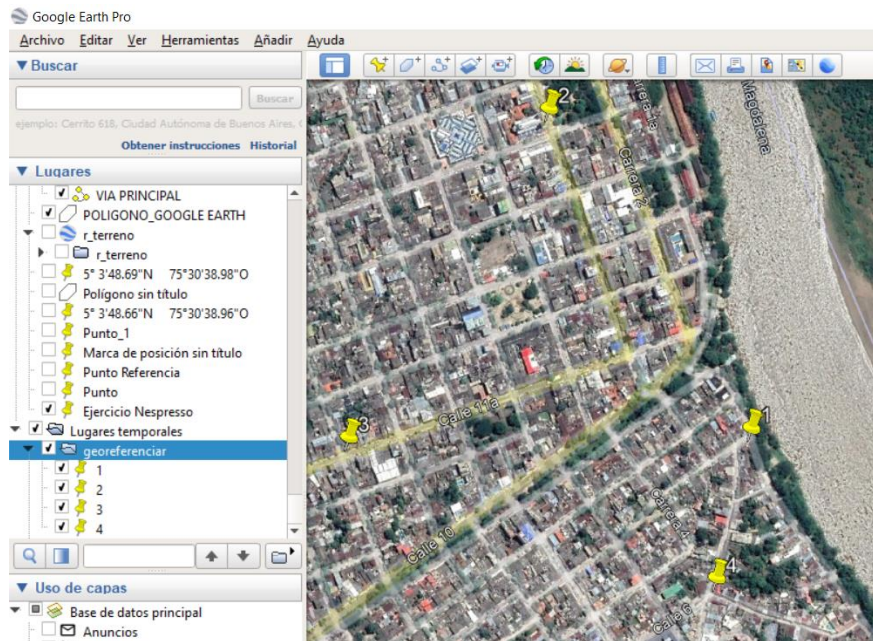


Imagen 17. Identificación de puntos de control comunes entre las fotografías aéreas proporcionadas por el IGAC a través del visor geográfica del Google Earth. Fuente: Elaboración propia.

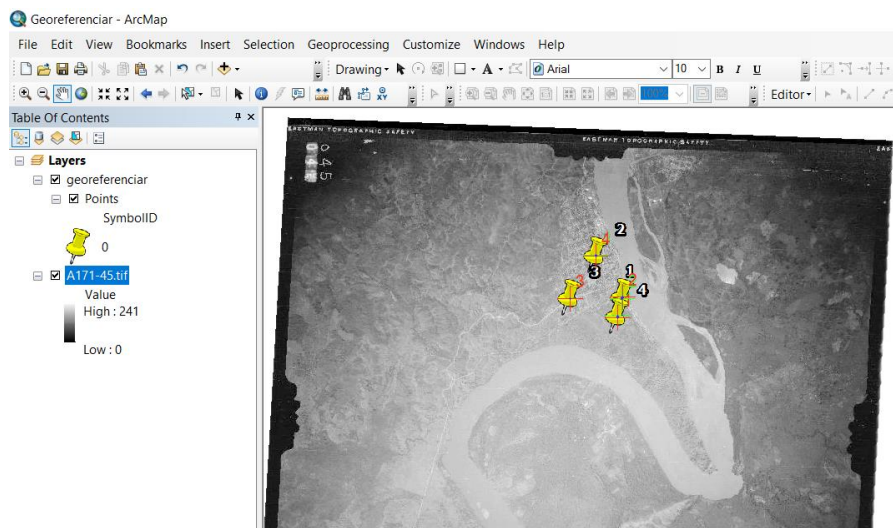


Imagen 18. Fotografías aéreas del IGAC, georeferenciadas y con ortorectificación. Fuente: Elaboración propia.

11.7 Fase 7. Revisión de antecedentes.

A finales de 2018, conforme fueron entregados los “Estudios y diseños para la mitigación integral de riesgos de erosión de orillas y recuperación urbana de la ribera occidental del río Magdalena, municipio La Dorada - Caldas”, realizados por la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales con participación de CORPOCALDAS, Salieron a la luz inquietudes que en mayor o menor medida las resolvió el profesor-diseñador del proyecto.

la Corporación como ejecutor del convenio en mención, suscribió con la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, el Contrato Interadministrativo No. 236-2017 cuyo objeto es “Efectuar los diseños a nivel de detalle con especificaciones y presupuesto detallado de las obras arquitectónicas, urbanísticas, paisajísticas, ambientales y técnicas del Malecón de La Dorada y de las obras hidráulicas y civiles de protección y/o mitigación de riesgos por erosión de orillas, entre los sectores del parque del Barrio El Conejo y la Estación del Ferrocarril La María; y generar procesos de mitigación integral del riesgo mediante educación, formación y fortalecimiento de la cultura ambiental, ciudadana, comunitaria, en el cuidado, protección y uso sostenible de su entorno”

De acuerdo a lo anterior, es de mencionar que se realizaron dos diseños para la construcción de las obras de mitigación de la erosión, un proyecto inicial realizado en la anualidad de 2018, el cual contaba con varios interrogantes e inquietudes, como lo es la incongruencia en relación a su topografía en la componente “Z” altimetría, y a las afectaciones sociales y ambientales que este diseño generaba, es por esto que para la anualidad 2020 se realizó los rediseños de tal manera que estas afectaciones e incongruencias fueran subsanadas.

12. RESULTADOS

12.1 Delimitación de la Zona AOI

Una vez evaluada el ambiente geológico y meteorológico del área de estudio, se definieron las coordenadas del polígono objeto de estudio el cual se denominara (AOI) por sus siglas en inglés (Area Of Interest), para lo cual se empleó el software ArcMap y ArcCatalog de ArcGis.

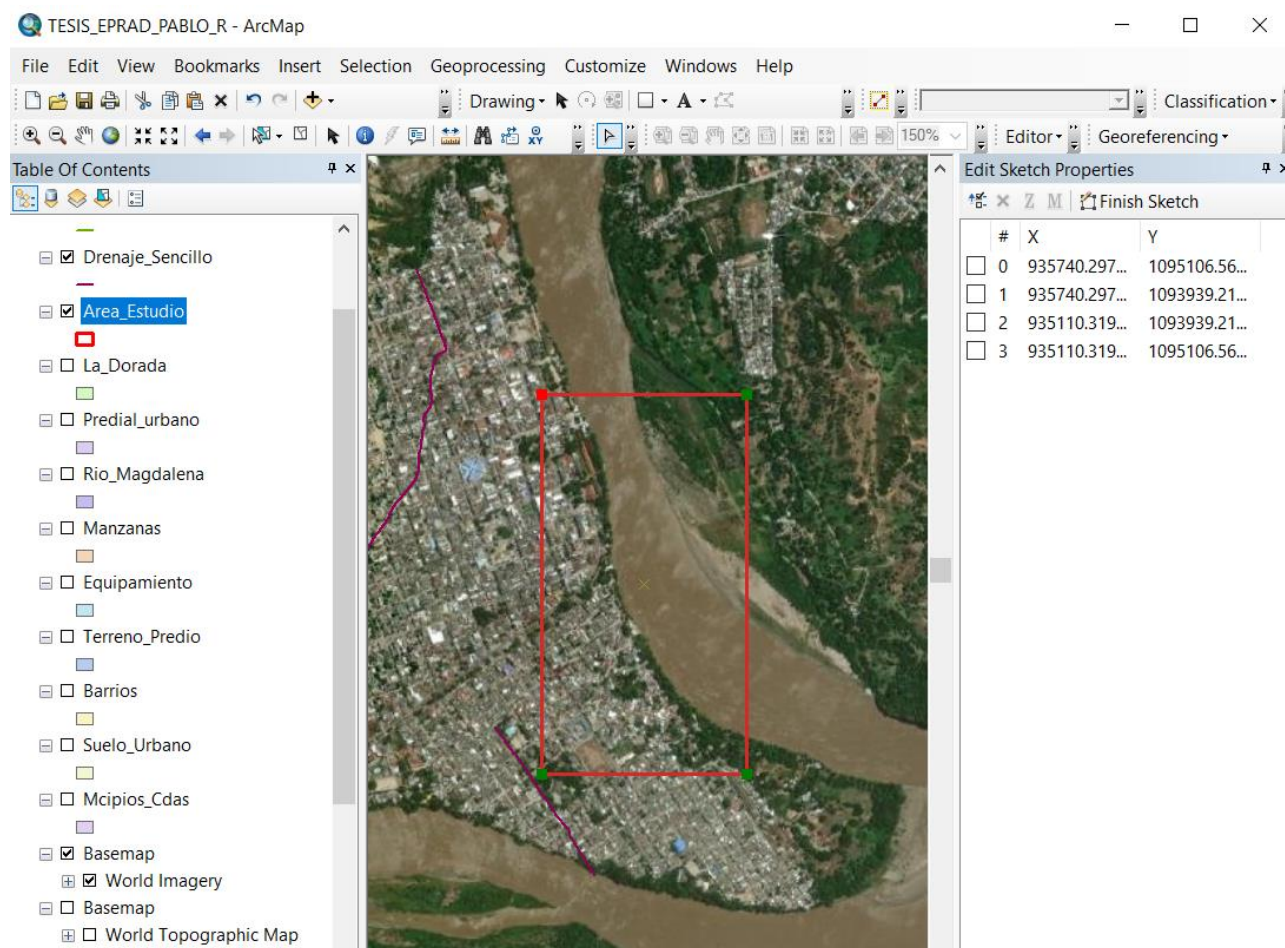


Imagen 19. Delimitación del área de estudio a través de herramientas de procesamiento de información geográfica. ArcGIS. Fuente: Elaboración Propia.

Para el procesamiento de la información geográfica de las diferentes capas temáticas construidas durante el presente trabajo de grado, se empleó el software de procesamiento digital cartográfico ARCGIS, en donde se determinó emplear el sistema de coordenadas proyectadas MAGNA SIRGAS con origen Bogotá, es importante mencionar que todos los

geoprocesamientos entre los diferentes “shapefiles” se desarrollaron bajo el mismo origen de coordenadas proyectadas con el fin de evitar errores en las consultas.

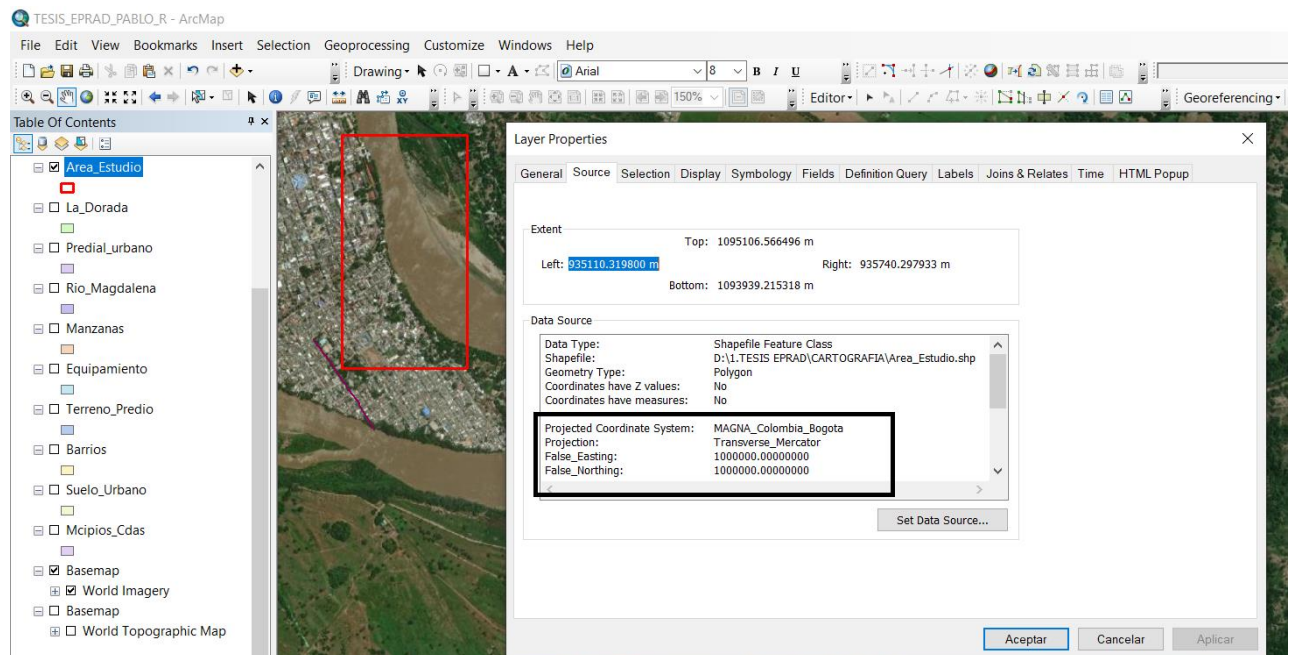


Imagen 20. Definición propiedades de las capas temáticas en relación al sistema de coordenadas proyectadas a emplear. Fuente: Elaboración propia.

Una vez definida el sistema de proyección de coordenadas planas a emplear en el desarrollo del trabajo de grado, se procedió a calcular las coordenadas de los vértices que definirían el área de interés para el análisis multitemporal y cartográfico en la referente a la construcción de la obra de mitigación de socavación del río Magdalena en la zona urbana del municipio de La Dorada.

Tabla 3. Coordenadas geográficas del área de estudio. Magna Colombia Bogotá. Fuente: Elaboración propia.

COORDENADAS PLANAS- DELIMITACIÓN ZONA DE ESTUDIO		
ID	ESTE	NORTE
1	935110.32	1095106.56
2	935110.32	1093939.21
3	935740.29	1093939.21
4	935740.29	1095106.56
Sistema de proyección: Magna Bogotá		

12.2 Evolución histórica de la Curva del “Conejo”.

La Dorada se encuentra ubicada en el flanco este de la cordillera central, al oriente del departamento de Caldas o en lo que es conocido como el Magdalena caldense, a lo largo de la cuenca del río Magdalena se encuentra ubicado en el valle medio del río Magdalena a una altura sobre el nivel del mar de 178 mts, se encuentra ubicada a una distancia de 165 km de su capital Manizales por vía carretable. Tiene como coordenadas: 5°27” latitud norte, 74° 40” de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. En la zona se encuentra importantes vías como la autopista Bogotá – Medellín y la troncal del Magdalena.

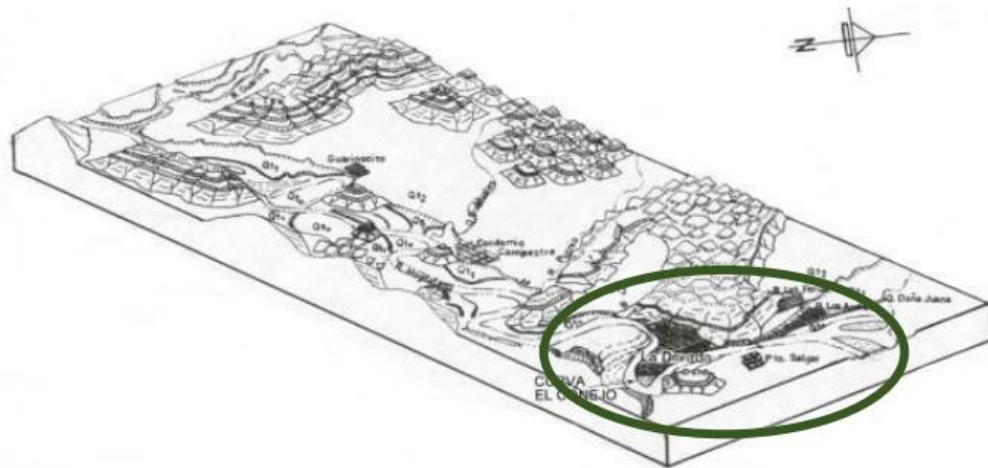


Imagen 21. Esquema ilustrativo del valle medio del Magdalena a la altura del casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Alcaldía de La Dorada Caldas.

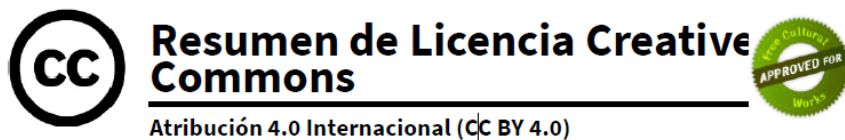
12.3 Procesamiento Fotografías aéreas.

Para la obtención de la información referente al registro histórico de fotografías aéreas, se realizó desplazamiento a la ciudad de Bogotá a las instalaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con el fin de solicitar al repositorio las fotografías del área de estudio, allí se realizó la búsqueda donde se identificó que existían las siguientes Imágenes:

- Vuelo A171-45 año 1940.
- Vuelo M150-3163 26 marzo de 1957.
- Vuelo C1406 09 de marzo de 1972.
- Vuelo C2556-11 de 15 enero de 1995
- Vuelo C2679-139 de 14 julio de 2003.

Posteriormente se procedió a realizar proceso de escaneo de las mismas y a realizar su digitalización, de tal manera que imágenes aéreas fueron entregadas de manera digital en formato .TIFF por parte del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Por último se solicitó al Instituto Geográfico para otorgar permisos para el procesamiento, adaptación, digitalización y manipulación de las imágenes con fines educativos y de investigación, los cuales fueron otorgados a partir de la siguiente Licencia.



This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Imagen 22. Licencia para digitalización y procesamiento de Fotografías aéreas con fines educativos e investigativos, emitido por el Instituto Geografico Agustín Codazzi IGAC.

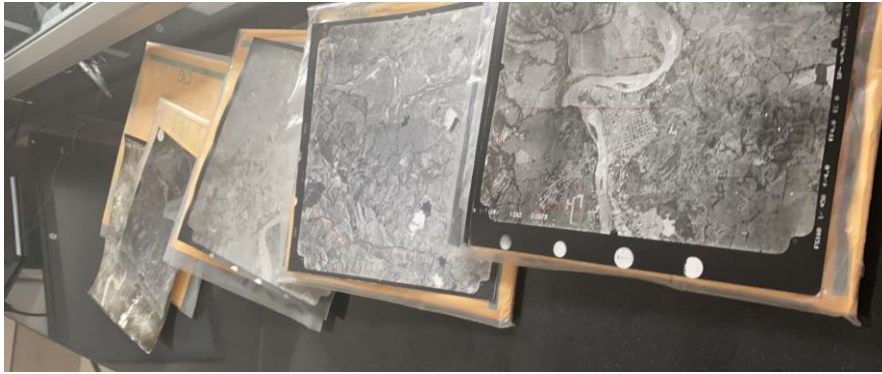


Imagen 23. Repositorio de fotografías aéreas, Instalaciones IGAC sede principal Bogotá - Colombia. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 24. Fotografía área Vuelo A171-45 año 1940. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

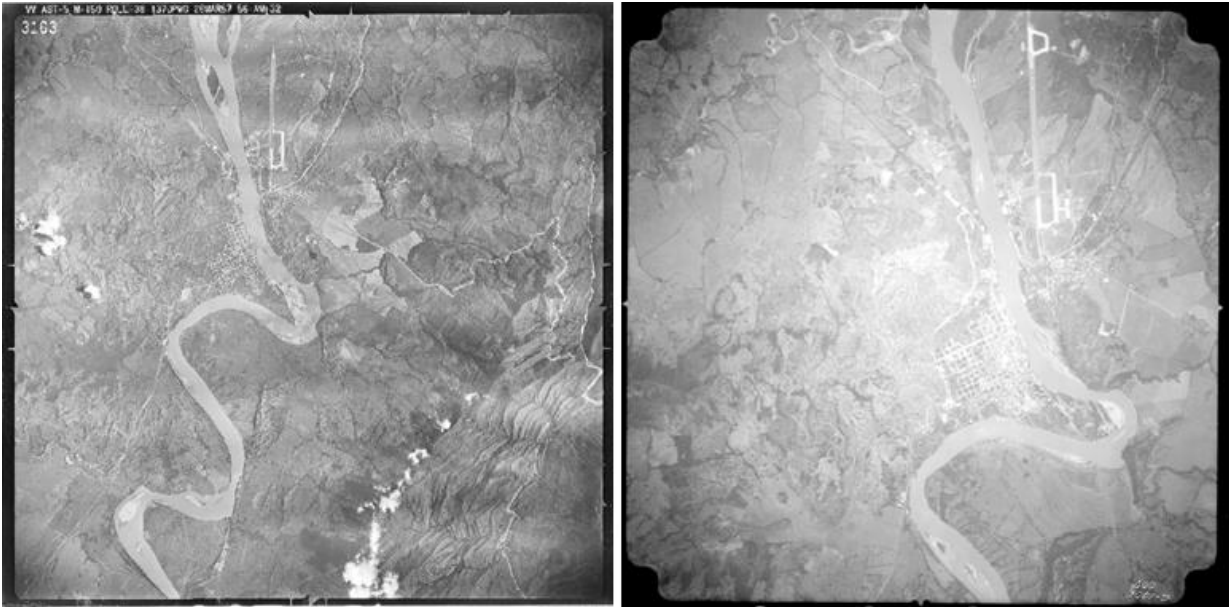


Imagen 25. Fotografías áreas; Izq. Vuelo M150-3163 26 de marzo de 1957; Der Vuelo C1406 09 de marzo de 1972. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

Para este periodo de tiempo entre 1952 y 1962 la expansión urbana se realizó hacia el sur del municipio, especialmente hacia la parte interna del Meandro, fundando los barrios como Liborio, La Magdalena, Los Alpes, Corea y Delicias.

Entre los años 1962 y 1974 se evidencia procesos erosivos fuertes e intensos, desplazando la orilla en promedio unos 25 metros, generando la remoción de viviendas en los barrios como Costales, Delicias y las Granjas. Se continúa con la construcción de nuevos barrios hacia la parte interna del meandro, inclusive con mayor cercanía a la orilla del río Magdalena como lo es el barrio Renán Barco.

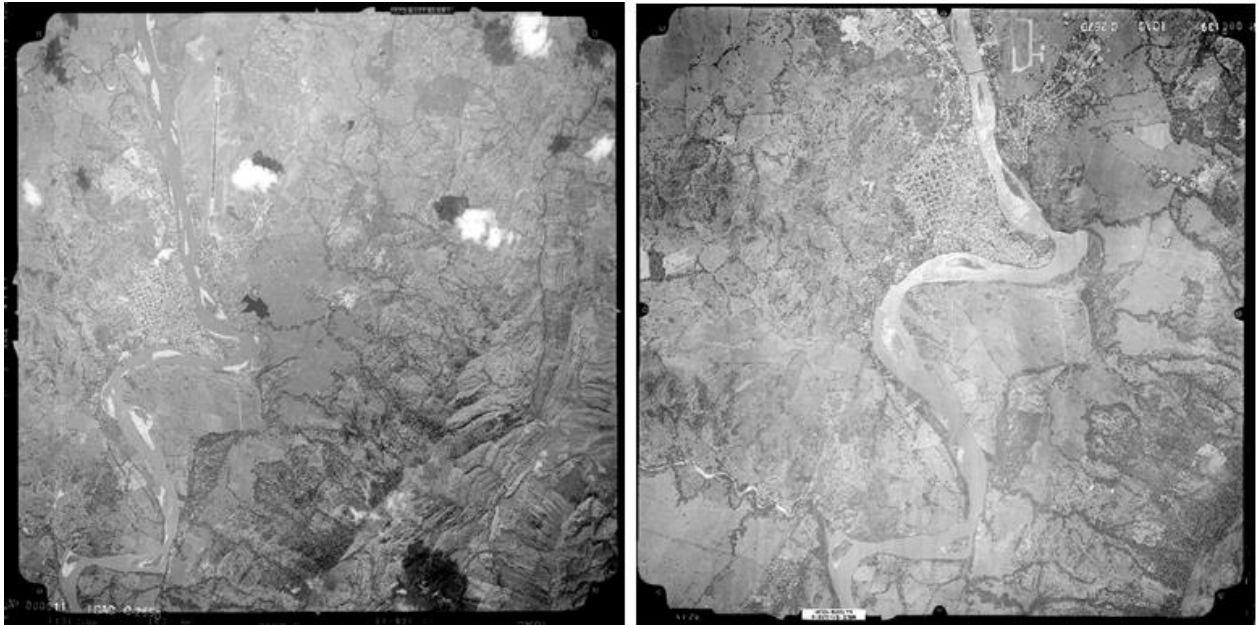


Imagen 26. Fotografías aéreas; Izq. Vuelo C2556-11 15 enero de 1995; Der Vuelo C2679-139 de 14 julio 2003.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

Luego del año 1974 los cambios en la morfología del meandro se hicieron más lentos debido a la construcción de numerosas estructuras de protección a lo largo de la ribera del casco urbano del municipio, donde se realizaron obras como trinchos, diques y espolones, se consolidó los asentamientos de los barrios hacia la parte interna del meandro, existiendo poca distancia entre la orilla y las viviendas, en muchos casos realizando invasiones a las fajas de protección ambiental del río grande de La Magdalena, inclusive realizando construcciones en zonas de inundación como lo es el inicio de la parte baja del barrio Bucamba.

En primera medida se realizó análisis visual de las fotografías aéreas para una ventana de tiempo de 81 años, con el uso de software GIS especializado que permitiera realizar procesos de Georeferenciación y Ortorectificación de las fotografías aéreas IGAC.



Imagen 27. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Izq Vuelo A171-45 año 1940; Der. Vuelo M150-3163 26 marzo de 1957. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi.



Imagen 28. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Izq Vuelo C1406 09 marzo de 1972; Der. Vuelo C2556-11 15 enero de 1995. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi.



Imagen 29. Análisis preliminar visual de los cambios morfológicos en el área de estudio. Vuelo C2679-139 14 julio de 2003. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

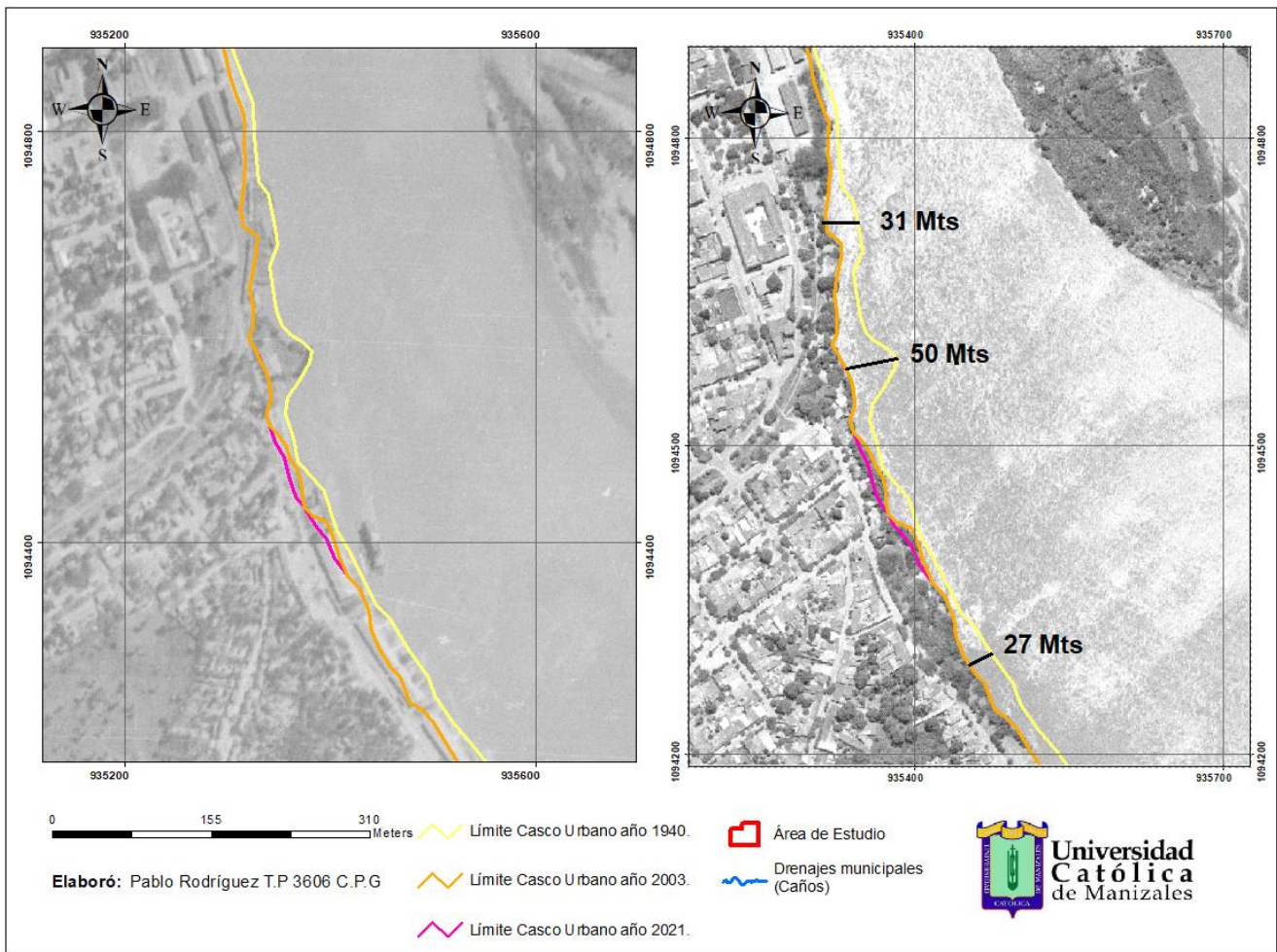


Imagen 30. Análisis comparativo pérdida de suelo (1940-2021) por procesos erosivos de socavación en la margen izquierda del río Magdalena en el sector del barrio Conejo en el municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis multitemporales para una ventana de tiempo de 81 años, se logra evidenciar los avances en la pérdida de suelo urbano del municipio de La Dorada, lo que evidencia el avance de los procesos de socavación en la margen izquierda aguas abajo del municipio, corroborando de esta manera la necesidad de realizar obras de mitigación en el sector; específicamente a la altura del barrio Conejo, se evidencia que en la parte norte en esta ventana de tiempo hay una pérdida de 31 metros, hacía la zona centro de intervalo hay una pérdida de cerca de 50 metros lineales de orilla y hacia la parte sur del proyecto cerca a la desembocadura del caño de Bucamba hay una pérdida de 27 metros de suelo.

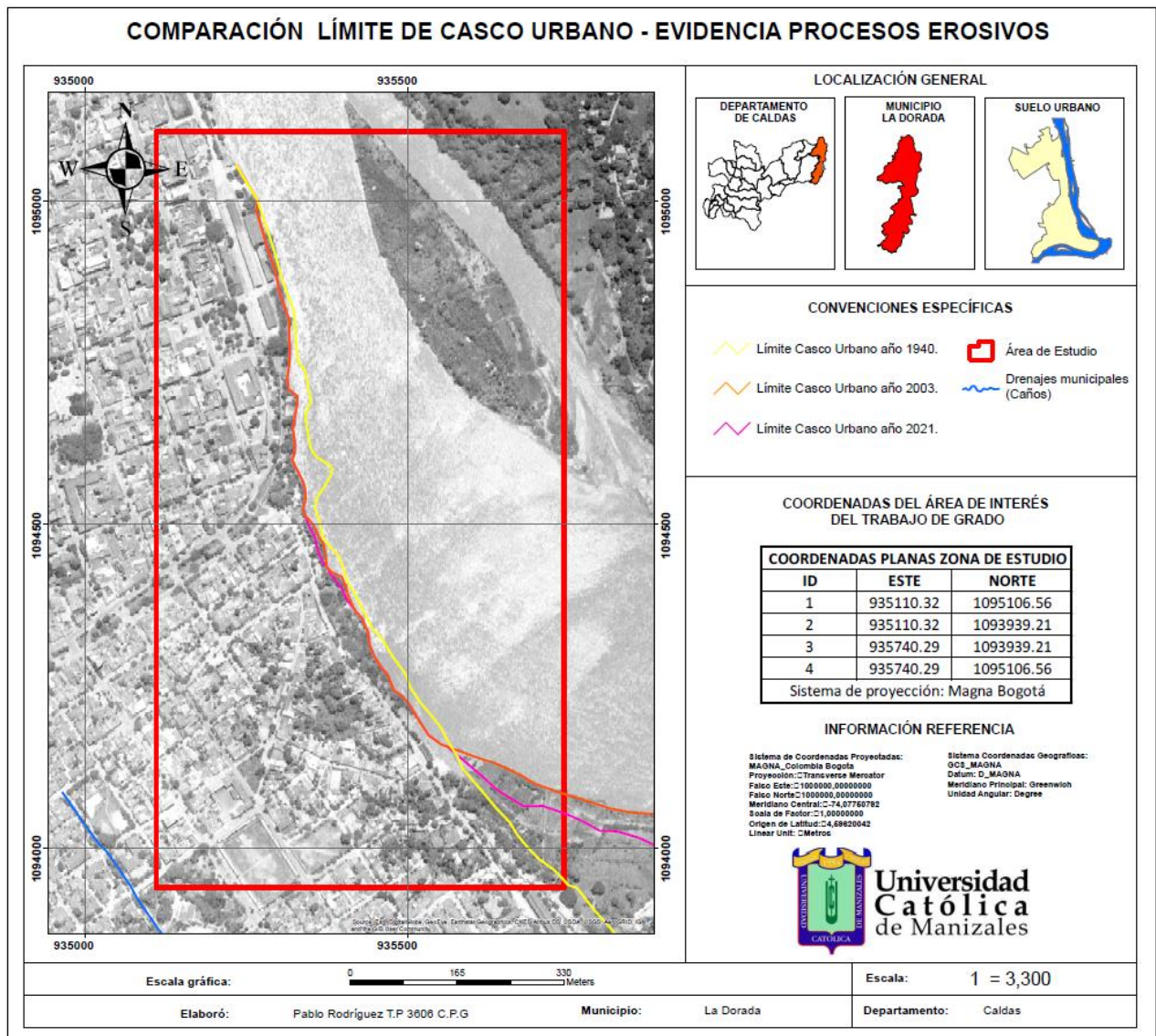


Imagen 31. Análisis multitemporal de pérdida de suelo del casco urbano del municipio de La Dorada - Caldas para una ventana de tiempo de 81 años.

A través del uso de herramientas de procesamiento digital de imágenes (ArcMap – ArcGis), se logró realizar análisis cartográfico con el fin de determinar el área de la zona de estudio que ha sido erosionada en una ventana de tiempo desde el año de 1940 hasta 2021, allí se calculó que el área socavada o la pérdida de cobertura del casco urbano del municipio de La Dorada corresponde a 1.60 hectáreas. (Imagen # 33),

Esta pérdida de suelo urbano, se concentra específicamente a la altura del barrio “Conejo” ubicado en el extremo Sur Oriental del casco urbano del municipio, una vez realizado el procesamiento y análisis de las fotografías aéreas proporcionadas por el IGAC, se determinó que la carrera primera entre el sector del barrio “Bucamba” y la carrera décima, fue erosionada por el río Magdalena, de igual manera las bodegas del ferrocarril que allí se encontraban, fueron removidas por el accionar del río sobre este punto de la margen izquierda del río Magdalena.

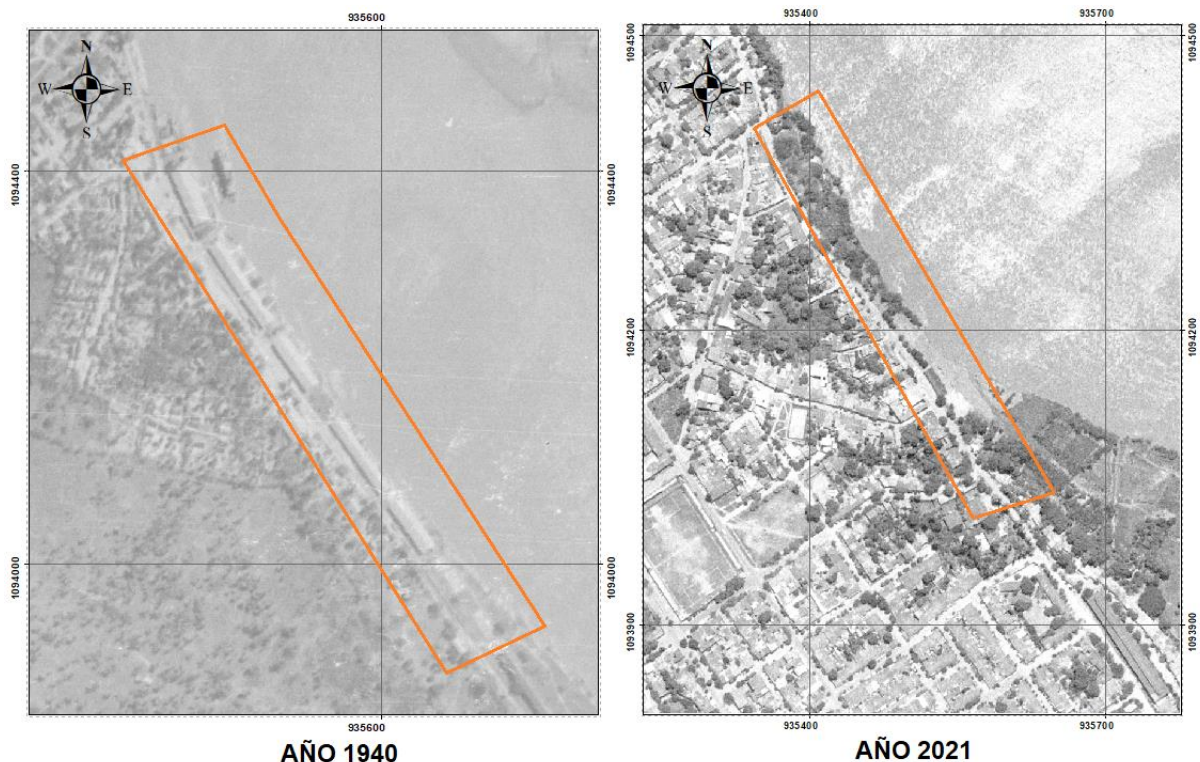


Imagen 32. Perdida por erosión de la carrera primera y bodegas del ferrocarril en el sector del barrio "Conejo".
Fuente: Adaptación fotografías IGAC- Elaboración propia

Una vez realizado análisis de fotointerpretación, este se conjugó con la interpretación de la litología y cartografía geológica del área de estudio, así como a la interpretación geomorfológica y de la dinámica fluvial, se puede deducir que este avance de la erosión es progresivo en estas condiciones topográficas y del estado de madurez del drenaje presente en la zona de análisis del presente trabajo de grado.

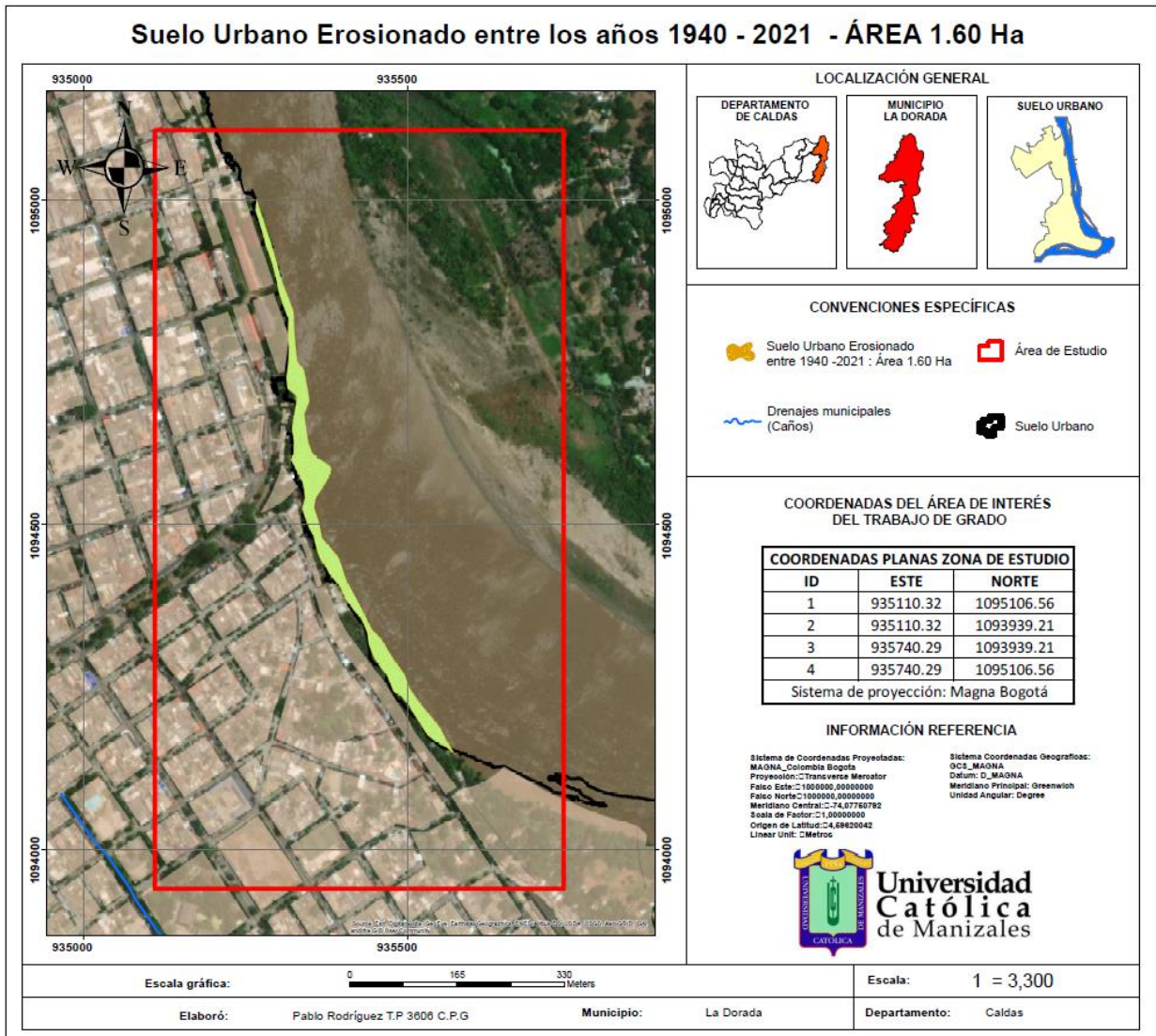


Imagen 33. Análisis cartográfico y cálculo del área de suelo urbano perdido por acción de la socavación en la margen izquierda aguas abajo en el casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia.

Se calculó una pérdida de suelo urbano por erosión de 1.60 hectáreas de 81 años, concluyendo que si no se realiza una construcción de obra de mitigación del riesgo de socavación a prontitud, esta socavación seguirá avanzando hasta “estrangular el meandro” dividiendo el municipio en dos partes, las pérdidas de infraestructuras como viviendas, sistemas viales, sistemas de alcantarillado, afectará en general todos los barrios que se encuentran en la parte interna del meandro; debido a la gran cantidad de viviendas e infraestructura, que ha contribuido al desarrollo urbanístico que se encuentra en la parte interna del meandro, los costos por reubicación de los predios que allí se encuentran, superaría en gran porcentaje a las inversiones que se deben realizar correspondiente a la construcción de obras de mitigación, obras que además pueden ser potencializadoras para el desarrollo económico y turístico del municipio.

12.4 Identificación de barrios con influencia en el área de estudio.

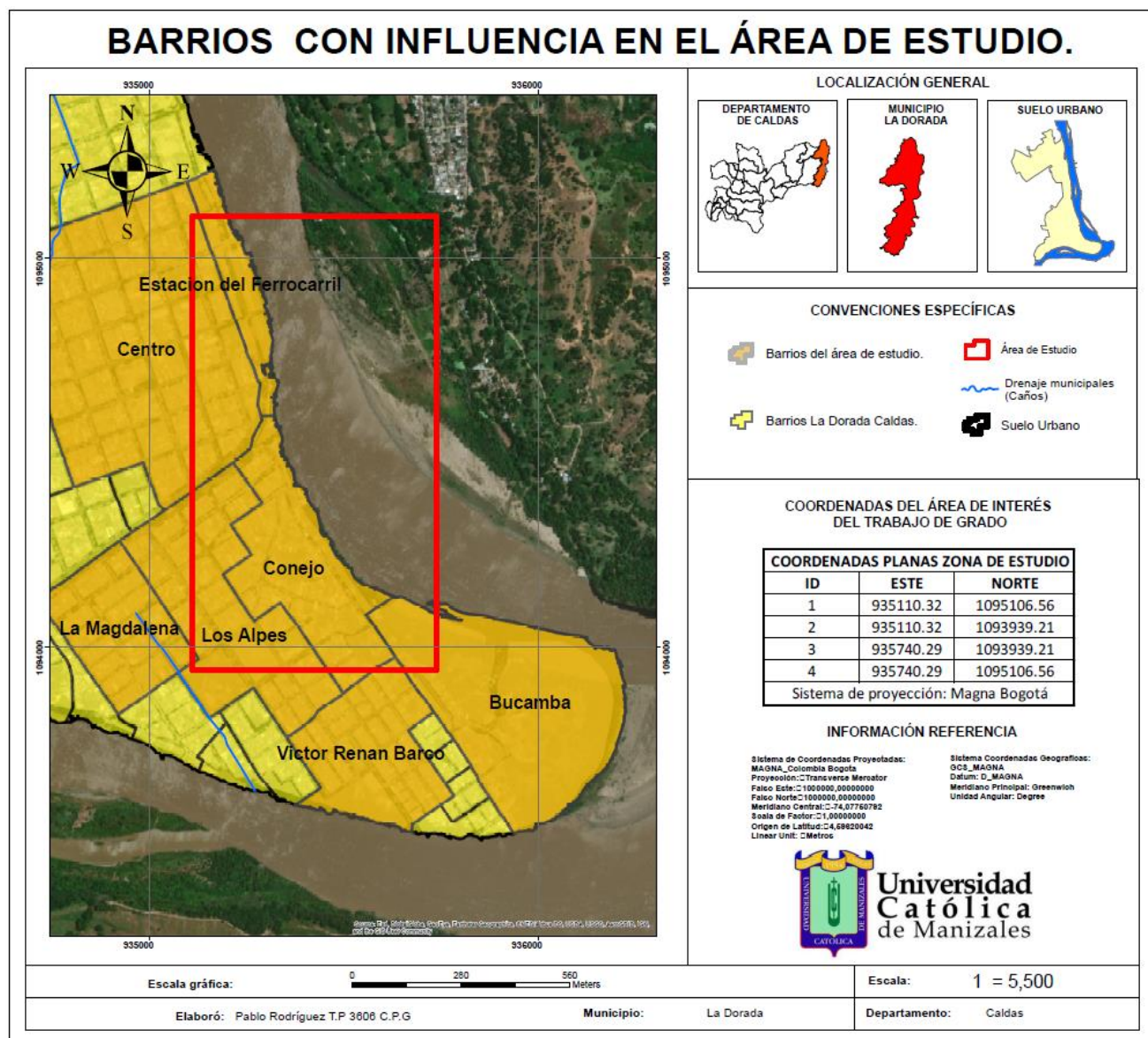


Imagen 34. Identificación de los barrios del municipio de La Dorada con influencia directa en el proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al área de influencia determinada para el presente trabajo de grado, la Obra de mitigación de socavación y pérdida de suelo del área urbana del municipio de La Dorada, los barrios que serán beneficiados a corto mediano y largo plazo son los siguientes, de Norte a Sur: Centro, Estación del Ferrocarril o Centro puerto de las lanchas, Barrio La Magdalena, Barrio Los Alpes, Barrio El Conejo, Barrio Renán Barco y Barrio Bucamba. Lo anterior teniendo en cuenta que de acuerdo a las proyecciones del ordenamiento territorial del municipio, hacia esta zona se proyectará la zona comercial y turística, actualmente ya se ven

nuevos establecimientos de comidas, bares, hoteles, fondas, y boutiques, el área de estos barrios es la siguiente.

Tabla 4. Barrios con influencia directa e indirecta en el proyecto de mitigación de socavación del río Magdalena y sus áreas en hectáreas.

BARRIOS EN ÁREA DE ESTUDIO		
ID	NOMBRE	Área Ha
1	Centro	36.28
2	Bucamba	22.82
3	Los Alpes	16.73
4	Conejo	13.06
5	Víctor Renán Barco	11.08
6	La Magdalena	9.32
7	Estación del Ferrocarril	4.55
	TOTAL	113.85

Las condiciones socio económicas de este sector del municipio de La Dorada corresponde a población de bajos recursos financieros, su principal actividad económica está relacionada a las actividades de pesca y cultivos de pancoger realizados en los patios de su casa para sustento propio y de sus familias, en épocas de veda no logran realizar actividades en el río por lo que generalmente se dedican a realizar trabajos informales y ambulantes en lo que habitualmente llaman en el sector el “rebusque”, las fuentes de ingreso son bajas y esto se ve reflejado en las condiciones de vida y en las infraestructuras de las viviendas, donde habitualmente corresponden a casas con materiales de bajo costo y sin ninguna condicionante sísmico resistente y/o de seguridad.

12.5 Manzanas áreas de Influencia del proyecto de mitigación de la erosión.

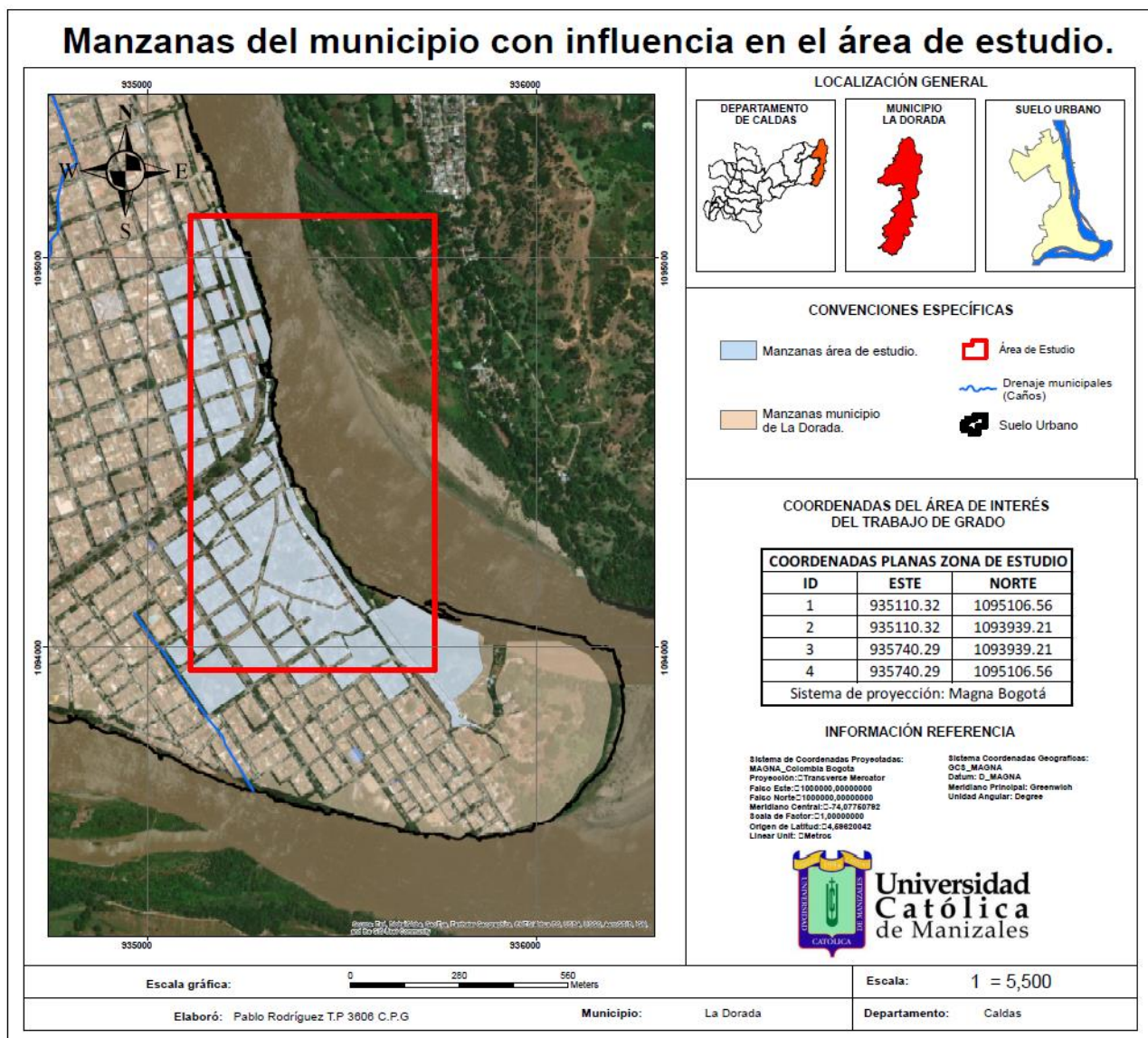


Imagen 35. Identificación de las manzanas que componen el área de influencia directa e indirecta del proyecto de construcción de la obra de mitigación integral del riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis cartográfico las Manzanas urbanas que tienen influencia directa sobre el área de estudio corresponde a un total de sesenta y tres (63), las cuales corresponden a viviendas de tipo urbano con un área de 28,353 Hectáreas.

Tabla 5. Identificación y cálculo de áreas de las manzanas que se encuentran en el área de influencia directa e indirecta del desarrollo del proyecto de mitigación del riesgo. Fuente: Elaboración propia.

ID	CODIGO MANZANA	MANZANA	Área Ha	ID	CODIGO MANZANA	MANZANA	Área Ha
1	1738001000065	0065	0.043	33	1738001000044	0044	0.278
2	1738001000066	0066	0.296	34	1738001000032	0032	1.498
3	1738001000077	0077	0.314	35	1738001000023	0023	0.434
4	1738001000064	0064	0.028	36	1738001000012	0012	0.561
5	1738001000067	0067	0.306	37	1738001000620	0620	3.654
6	1738001000306	0306	0.161	38	1738001000014	0014	0.020
7	1738001000078	0078	0.320	39	1738001000114	0114	0.008
8	1738001000052	0052	1.457	40	1738001000132	0132	0.465
9	1738001000068	0068	0.373	41	1738001000115	0115	0.216
10	1738001000040	0040	2.477	42	1738001000063	0063	0.045
11	1738001000058	0058	0.440	43	1738001000116	0116	0.627
12	1738001000058	0058	0.071	44	1738001000059	0059	0.479
13	1738001000168	0168	0.186	45	1738001000053	0053	0.481
14	1738001000615	0615	0.022	46	1738001000054	0054	0.355
15	1738001000069	0069	0.460	47	1738001000042	0042	0.465
16	1738001000182	0182	0.081	48	1738001000117	0117	0.640
17	1738001000183	0183	0.234	49	1738001000084	0084	0.160
18	1738001000184	0184	0.322	50	1738001000085	0085	0.247
19	1738001000129	0129	0.668	51	1738001000075	0075	0.078
20	1738001000169	0169	0.315	52	1738001000086	0086	0.505
21	1738001000170	0170	0.565	53	1738001000076	0076	0.319
22	1738001000156	0156	0.113	54	1738001000030	0030	0.432
23	1738001000157	0157	0.312	55	1738001000011	0011	0.902
24	1738001000158	0158	0.623	56	1738001000043	0043	0.352
25	1738001000271	0271	0.360	57	1738001000031	0031	0.967
26	1738001000143	0143	0.201	58	1738001000013	0013	1.160
27	1738001000144	0144	0.306	59	1738001000029	0029	0.441
28	1738001000145	0145	0.621	60	1738001000041	0041	0.106
29	1738001000130	0130	0.313	61	1738001000619	0619	0.776
30	1738001000501	0501	0.033	62	1738001000621	0621	0.372
31	1738001000131	0131	0.470	63	1738001000028	0028	1.268
32	1738001000022	0022	0.417			SUBTOTAL	16.100
		SUBTOTAL	12.254				
				TOTAL	28.354		

12.6 Predios áreas de Influencia del proyecto de mitigación de la erosión.



Imagen 36. Identificación de predios en el área de influencia directa e indirecta de la construcción de la obra de mitigación del riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Se logró realizar recorrido de campo, en donde se identificó los principales establecimientos, y usos prediales, además de la confrontación de la información con la oficina de instrumentos públicos del municipio de La Dorada, y a la información que reposa en el Plan Básico de ordenamiento Territorial, y los predios con influencia directa e indirecta sobre el proyecto de mitigación de socavación de la margen izquierda del río Magdalena es un total de **1081** predios entre los que se encuentra distribuidos de la siguiente manera. Residencial: 681; Comercial: 142; Dotacional: 49; Lote: 82; Mixto: 64.

12.7 Plan de intervención para la mitigación del riesgo de socavación.

El problema de socavación del río Magdalena en el área urbana del municipio de La Dorada a la altura del barrio Conejo, puede resolverse a partir de la aplicación de los enfoques siguientes:

1. Refuerzo de la orilla.

- Método duro: **incluye la realización de obras con roca**, muros y pantallas.
- Método flexible: incluye la revegetalización y la bioingeniería.

2. Contener o reducir las fuerzas hidrodinámicas a través de la realización de obras de control.

Dentro de este contexto, una estrategia de intervención integral se ha desarrollado con el fin de actuar en diferentes niveles de manera complementaria e interrelacionada. Las actividades que se proponen a realizar incluyen el **refuerzo de la orilla** a lo largo del área de estudio, lo que corresponde a la proyección de lo que se pretende construir como malecón, para la reducción de las fuerzas hidrodinámicas que actúan en éste lugar y el manejo de la situación globalmente; se debe considerar los siguientes cinco (5) componentes:

- Protección de la orilla por un muro de tipo Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall based on Wire Steel Mesh cells.
- Reducción de los esfuerzos hidrodinámicos aguas arriba del área de estudio en el margen de la orilla afectada a través del uso de un rompeolas flotante.
- Evaluación dentro de un contexto más amplio:
 - Reevaluación de la función, el diseño y la pertinencia de todos los espolones existentes aguas arriba y abajo del área de estudio.
 - Remoción de los espolones.

- Evaluar la función y la adaptabilidad del colector de aguas residuales localizado a lo largo de la Calle 10a y/o el canal adyacente.
- Establecer un modelo hidrodinámico completo del río Magdalena para el municipio.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente deberán ser consideradas como parte de una única estrategia de remediación combinada, las intervenciones de solución que se proponen deben ser consideradas como una solución parcial y progresiva, las cuales deben contar con su respectivo mantenimiento, se debe asegurar que sea la obra más óptima en cuanto a recursos, accesibilidad a los materiales y efectividad.

12.8.1 Alternativas de solución:

Dentro del estudio de las diferentes opciones para proteger la orilla de mayor afectación correspondiente al sector del barrio conejo del casco urbano del municipio de La Dorada, se realizó una evaluación de las diferentes posibles obras a realizar para este medio hidrodinámico, se realizó un análisis multicriterio que permitieran conducir a la mejor alternativa de solución, que contrarrestara el avance progresivo de socavación y erosión que se tiene en el área de estudio.

12.8.1.1 MURO DE TIERRA ESTABILIZADO MECÁNICAMENTE (Mechanically Stabilized Earth Wall).

Este tipo de muro estabilizado ha sido utilizado de manera eficiente como barrera protectora frente a la erosión y las inundaciones. El muro se caracteriza principalmente por la presencia de celdas de alambre, usualmente, de forma prismática rectangular, revestidas de un

geotextil. Dichas celdas son llenadas con un material granular grueso o mezcla de arena. Las diferentes celdas son anudadas formando así bloques rígidos articulados que pueden disponerse en diferentes configuraciones. El muro forma un sistema que, si bien trabaja de forma monolítica, es capaz, según el caso, de adaptarse a un asentamiento diferencial y a un movimiento transversal sin colapsar. Este tipo de barrera puede ser temporal o semi-permanente y se ha utilizado usualmente para proteger las costas y pantanos de problemas de socavación e inundaciones.

Dentro de las principales ventajas de este sistema se pueden mencionar las siguientes: el muro forma una barrera que soporta cargas por gravedad, su mantenimiento es sencillo y su instalación muy rápida. La construcción del muro requiere disponer de un conjunto de habilidades y mano de obra menos calificada que la que exige la construcción e instalación de los gaviones y los muros de bolsas de arena. Adicionalmente, la estructura puede ser recuperada y reutilizada una vez se haya desmontado la barrera, después de una intervención o según los cambios de situación. Igualmente, debe mencionarse que al geotextil actúa como un filtro natural para el material granular pero es, al mismo tiempo, permeable lo que permite el drenaje dentro del material de relleno. Asimismo, el muro tiene como ventaja que para el relleno puede emplearse material in situ o disponible localmente. El muro articulado puede ser cubierto con follaje o plantas e integrarse de manera más estética al medio ambiente y puede servir como malecón natural a la vez. En general, el costo de implementación de este tipo de obra es comparable a los muros de gavión y muros de bolsas de arena debido a las grandes labores requeridas para erigir este tipo de estructuras. También, en caso de daño del alambre de una celda, las reparaciones o el mantenimiento se limitan a la sección afectada. De otra parte, en el caso poco probable de un colapso parcial, la integridad completa de la obra no se vería comprometida. Todas las reparaciones pueden ser parte de un

mantenimiento periódico. Este tipo de sistema ha sido utilizado en múltiples ocasiones como barrera de emergencia y ha tenido gran acogida a nivel mundial debido a su efectividad y su fácil instalación. En el 2004, se utilizó como barrera provisional para proteger la costa sur de los Estados Unidos del impacto del huracán Katrina. En el 2011, su uso fue clave para disminuir el efecto de las inundaciones ocurridas en Bangkok y en Indonesia. En 2012, también fue utilizado para contrarrestar las consecuencias del huracán Isaac que afectó el golfo de México. La marca comercial HESCO Bastion es la más reconocida a nivel mundial con los sistemas: JACKBOX, MIL Flood Barriers o CART



Imagen 37. Muro de tierra estabilizado. Fuente: <https://floodlist.com/protection/hesco-supplies>



Imagen 38. Muro formado por unidades MSE wall , Fuente: <https://floodlist.com/protection/hesco-supplies>

12.8.1.2 ROMPEOLAS FLOTANTES (Floating Breakwater).

Con el fin de reducir los esfuerzos hidrodinámicos se propone la implementación de una sección de rompeolas flotantes elaborados en polietileno. Estos rompeolas, llamados también plataformas flotantes modulares auto portantes de polietileno, poseen formas geométricas variadas lo que facilita su instalación. Este tipo de estructura, generalmente, utilizada en los puertos artificiales, en la desembocadura de los ríos navegables o en la costa funciona como obstáculo para el oleaje u otros fenómenos adversos. El propósito de esta estructura es disipar la energía cinética de las olas / fluctuaciones de corriente o niveles. Según la altura de la estructura, la obra permite proteger las playas de la erosión o de los efectos del oleaje. Estas obras son consideradas obras de abrigo y protección a la socavación causada por la velocidad del agua. Los rompeolas flotantes se amarran al fondo del lecho o de la orilla/costa y tiene las ventajas de:

- No afectar la navegabilidad del río.
- Ser obras no permanentes y adaptables.

- Ser fáciles de transportar.
- Un mantenimiento simple.
- Ser modulables.
- Ser rápidos de instalar.
- Ser fáciles de reparar
- Tener requerimientos de cimentación mínimos.
- Adecuarse a grandes profundidades.
- Adaptarse a las fluctuaciones de los niveles.
- Ser retiradas fácilmente según la evolución de la situación.
- Tener un impacto medioambiental bajo que afecta mínimamente el río.

No permiten la estabilización de la orilla que permita adecuar futuros procesos turísticos como lo es la construcción de un malecón.

La ubicación y la orientación de los rompeolas dependen de las condiciones de incidencia del flujo y de la función anticipada. Su diseño tiene como base tres (3) aspectos fundamentales: estabilidad, transmisión del oleaje, y fuerzas provocadas por el amarre. En el caso del malecón del barrio el Conejo se propone, de manera preliminar y experimental, colocar tres (3) secciones de 10m cada una en la orilla donde se encuentra el parque con el fin de reducir los esfuerzo cortantes importantes que se observan en esta región según una orientación azimutal + 40° .



Imagen 39. Rompeolas flotantes. Fuente: <https://marineluxury.es/plataforma-flotante>.

12.8.1.3 ESPOLONES

Dentro de las recomendaciones, se aconseja re-evaluar la función y la ubicación de los espolones que se encuentran en la región del área de estudio del sector del barrio El Conejo. Igualmente, se recomienda revisar la funcionalidad de los espolones construidos en la región de Las Delicias (Aguas arriba) ya que ellos no están cumpliendo su función. En este contexto, es importante tener claro algunos conceptos básicos sobre la función y el diseño de este tipo de obras que pueden, si son mal utilizados, agravar el problema de socavación.

Los espolones son estructuras longitudinales que se interponen al flujo, alejando de la orilla las corrientes y velocidades altas. Ellos permiten además favorecer la deposición de sedimentos.

El objetivo general de los espolones es entonces desviar la corriente del río alejándola de zonas críticas para prevenir la erosión de la orilla y garantizar un canal más estable. Los espolones son usualmente de construcción fácil, permiten la utilización de diferentes materiales que se adaptan a las necesidades de funcionalidad como enrocado, bloques prefabricados de concreto, geotubos rellenos de material, gaviones.

También pueden ser empleados hexápodos, tetrápodos, pilotes de acero, o combinaciones de varios materiales. Los espolones pueden ser permeables e impermeables.

Los espolones son usualmente económicos dentro el contexto de la protección de la orilla con longitudes cortas. El daño o mantenimiento de un espolón no afecta la efectividad o el trabajo de los demás espolones. No obstante, los espolones:

- **No son efectivos** ni viables en curvas con radios muy pequeños
- Cuando están mal ubicados su efecto sobre la morfología del río es la reducción del cauce, lo que **genera un aumento en las velocidades** y un incremento de la socavación en la punta del espolón.
- Cambia el régimen y la dirección del flujo lo que genera efectos sobre otras áreas aledañas.

12.8.1.4 CONSTRUCCIÓN DE RIP RAP

Se define como la obra de construcción, en el cual el material utilizado es empleado para la estabilización de taludes, estribos de puentes, pilotes y otras estructuras que están sometidas a la erosión por agentes hidráulicos o cuerpos de agua principalmente; normalmente se construye a través de diferentes tipos de roca que cuenten con un porcentaje de desgaste muy bajo, rocas ígneas masivas como basaltos, granito y en algunas ocasiones rocas metamórficas como Mármol o calizas, eventualmente se usan Residuos de construcción y demolición (Escombros). Se utiliza para proteger las costas y las estructuras de la erosión causada por el mar, ríos o los arroyos. Se utiliza normalmente donde existe potencial de erosión por agua, para la obra de mitigación de La Dorada Caldas se empleó cantos de basaltos en coluviones de la Formación Mesa.



Imagen 40. Rip Rap, Ejemplo tomado de <https://constructionmentor.net/rip-rap-aggregate/>

Una vez analizadas las alternativas de construcción, se determinó por emplear y realizar los diseños de un RIP RAP, toda vez que era el tipo de obra que cumplía de manera efectiva con la mitigación del riesgo por socavación en el área de estudio, técnicamente es una obra que no altera la dinámica fluvial natural por ser una estructura permeable, no generaba que las velocidades del caudal aumentará , acelerando los procesos de socavación en el área y aguas abajo, por consiguiente es un tipo de estructura que no cambia las direcciones del flujo, lo que es importante toda vez que se cuenta con otros centros poblados en el área de influencia indirecta como lo es el municipio de Puerto Salgar Cundinamarca. Por el contrario este tipo de infraestructura son relativamente de fácil construcción, aumentando el tiempo de respuesta a la problemática, es de fácil mantenimiento y debido a su porosidad, rugosidad y volumen, permite aumentar el soporte y estabilidad de la orilla, disminuyendo las velocidades del fondo del cauce y sus laminas superficiales, por tal motivo se ven contrarrestados y mitigados los procesos de socavación, por otro lado son obras que permiten ser de grandes extensiones a bajos costos comparadas con las anteriores y de armonía con el entorno en su etapa constructiva, toda vez que pueden ser construidas sobre el lecho original del cauce, disminuyendo las afectaciones ambientales como la erradicación de especies arbóreas de las

fajas ambientales protectores del río Magdalena; otro de los componentes técnicos tenidos en cuenta, es que con la construcción del RIP RAP se puede diseñar su corona por encima del nivel máximo de la lámina de agua alcanzada por el río Magdalena, empezando actividades que conduzcan a mitigar los procesos de inundación en el municipio, además este tipo de estructura también permite el desarrollo turístico y económico de la región con la proyección de construcción del Malecón.

12.8 Construcción de obra para mitigación socavación en río magdalena en el municipio de la dorada del departamento de Caldas.

Fondos del Proyecto: Sistema General De Regalías (SGR)

Contrato No. 1403 de 2019

INTERVENTORIA: CONSORCIO INTERDORADA

CONTRATISTA: INGECON

Tipo de Contrato	Obra Pública
Contrato No	1403 de 2019
Objeto	Construcción de obra para mitigación integral de riesgos de socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio La Dorada del Departamento de Caldas
Valor del Contrato	\$ 34.882.240.400 pesos m/Cte.
Plazo de Ejecución	Ocho (8) meses
Contratista	INGECON S.A
Interventoría	Consortio Inter Dorada
Supervisor	Secretaría de Desarrollo, empleo e Innovación Gobernación de Caldas
Fecha de Inicio	Julio 17 de 2020
Fecha de Suspensión 1	Agosto 14 de 2020 (30 días)
Fecha de Suspensión 2	Septiembre 14 de 2020 (60 días)

Fecha de Reanudación	Noviembre 06 de 2020
Fecha de Terminación	Junio 05 de 2021
Fecha de suspensión 3	02 de junio de 2021 Plazo: 60 días Razón: realización de diseños hidráulicos de acueducto y alcantarillado por parte de Empocaldas y paro nacional.
Fecha suspensión 4	3 de agosto de 2021 Plazo: 30 días Razón: realizar ajustes técnicos en los diseños hidráulicos mencionados anteriormente.
Fecha suspensión 5	2 de septiembre de 2021 Plazo: 30 días Razón: realizar ajustes técnicos en los diseños hidráulicos mencionados anteriormente.
Fecha suspensión 6	2 de octubre de 2021 Plazo: 60 días Razón: La Empresa Empocaldas, entregó los estudios y diseños hidráulicos del sistema de alcantarillado correspondiente a la zona de influencia, con sus respectivos ajustes técnicos. En la actualidad se encuentra en revisión por parte del equipo técnico de la Secretaría de Planeación del Departamento, para así dar aprobación y viabilidad a los estudios, y continuar con el normal desarrollo y ejecución del proyecto.
<p>HISTORIAL SUSPENSIONES CONTRATO DE OBRA PÚBLICA Construcción de Obra para Mitigación Integral de Riesgos de Socavación en la ribera Occidental del Río Magdalena en el Municipio de La Dorada del Departamento de Caldas; y su respectiva interventoría.</p>	

12.8.1 Diseños Rip Rap obra de Mitigación de Erosión La Dorada - diseño inicial 2018 (vigente por 6 meses).

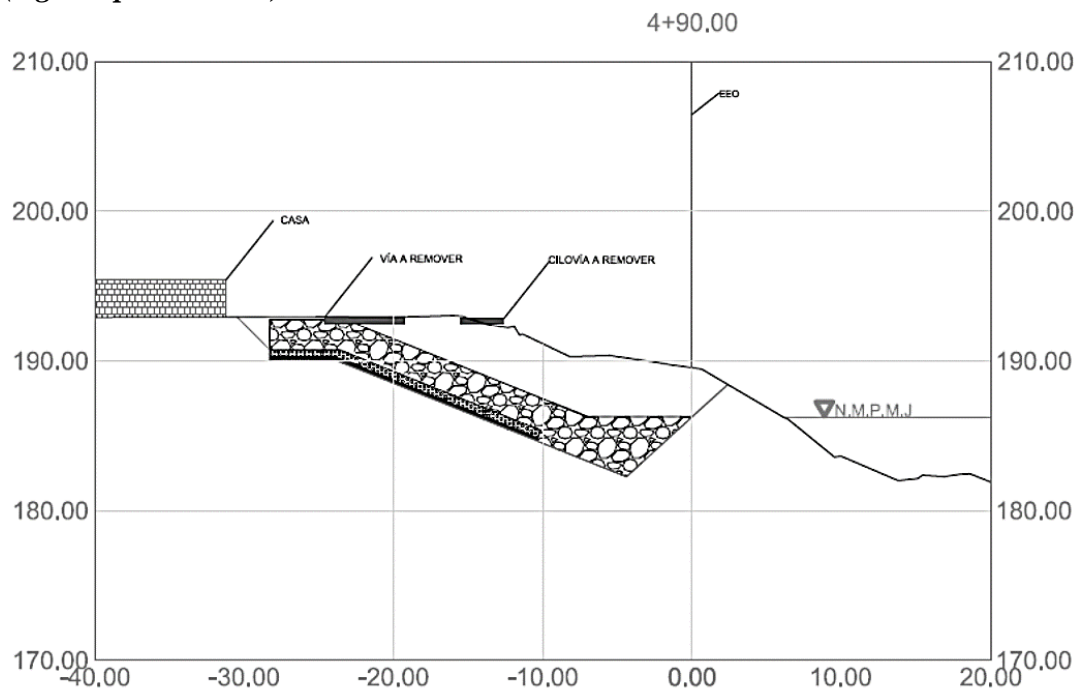


Imagen 41. Sección Típica, vista en corte del diseño inicial que se tenía para la construcción del Rip-Rap.
Fuente: Diseños Universidad Nacional 2018.

En esta imagen se puede observar que el nivel medio promedio de la lámina de agua del Río Magdalena se encuentra aproximadamente sobre los 185 metros sobre el nivel del mar, se observa que de acuerdo a estos diseños, la construcción sería invasiva en dirección del suelo urbano, generando que se perdiera aún mucho más suelo producto de la construcción de la obra de mitigación, además que se tendría que demoler algunas infraestructuras que ya se encuentran como lo es una ciclovía y la vía correspondiente a la carrera segunda entre el sector de “Bucamba y las bodegas”, esto generará un mayor impacto ambiental, toda vez que la erradicación de especies arbóreas aumentaría en la ejecución de la obra, el impacto social sería mayor toda vez que prácticamente el enrocado avanzaría hasta el frente de las casas y el número de viviendas a reubicar aumentaría y por ende las inversiones económicas. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

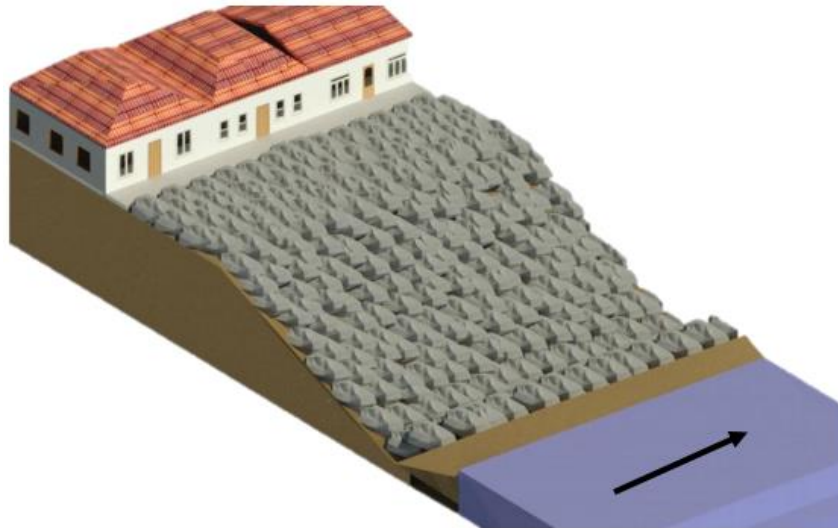


Imagen 42. Modelamiento del final del enrocado con los diseños elaborados por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2018.

Tabla 6. Propiedades físicas de la roca a emplear para el diseño Rip - Rap según diseños 2018.

Dimensiones	40 cm a 1.60 m
Desgaste	< 20%
Densidad	2650 Kg/m ³
Forma	Angular
VOLUMEN REQUERIDO	70.54m ³ /m

12.8.2 Diseño Rip Rap actualizado en el año 2020 para el sector de La Dorada – Caldas.

A finales de 2019, tras la adjudicación por licitación para la construcción de la obra a la empresa contratista, en un ejercicio de revisión de los estudios y diseños se percató de las inconsistencias en estos; En enero de 2020, alertado de esta situación, el Sr. Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional sede Manizales, encomendó al equipo de diseño buscar soluciones y en conjunto con la empresa constructora, es así como la Secretaria de Desarrollo Empleo e Innovación y la secretaría de infraestructura de la Gobernación de Caldas, emprendió la actualización de los diseños con ajustes a las reales condiciones de la orilla del río; solventando los errores y de paso mitigando impactos ambientales, sociales, infraestructurales y patrimoniales que en su momento no se consideraron. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

El primer ajuste fue darle un orden lógico al proyecto, iniciando por recomponer la solución ingenieril u “Obra de control de erosión de la orilla del río Magdalena” o cimiento sobre la cual debe darse la conclusión urbanístico-arquitectónica para la construcción del “Malecón de La Dorada”.

Resulta que el cambio no se dio hacia una cota superior, sino inferior; pero como bien lo dice “los diseños iniciales contemplaban una cota diferente”, Puesto que tal como se ve en la (ver figura N° 32) extraída de los planos de 2018- el nivel medio del río figura a \approx 186,5 m.s.n.m. y la vía a \approx 193 m.s.n.m.

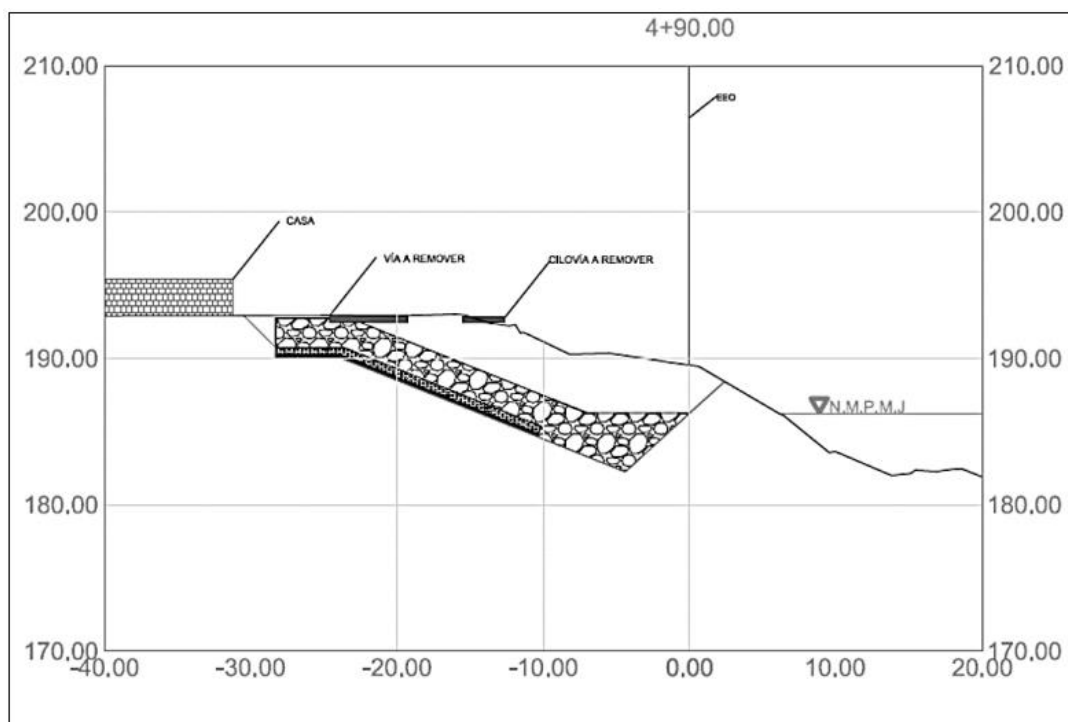


Imagen 43. Sección tipo diseños 2018. Fuente: Gobernación de Caldas - Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Sin embargo los datos oficiales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC dicen otra cosa y además existe otro dato oficial de altitud: 172.17 m.s.n.m. (ver figura N° 44) en la estación hidrológica del IDEAM en Puerto Salgar, sensor que mide el nivel del agua en el río y del cual se nos informó que nunca ha sido superado por una inundación. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

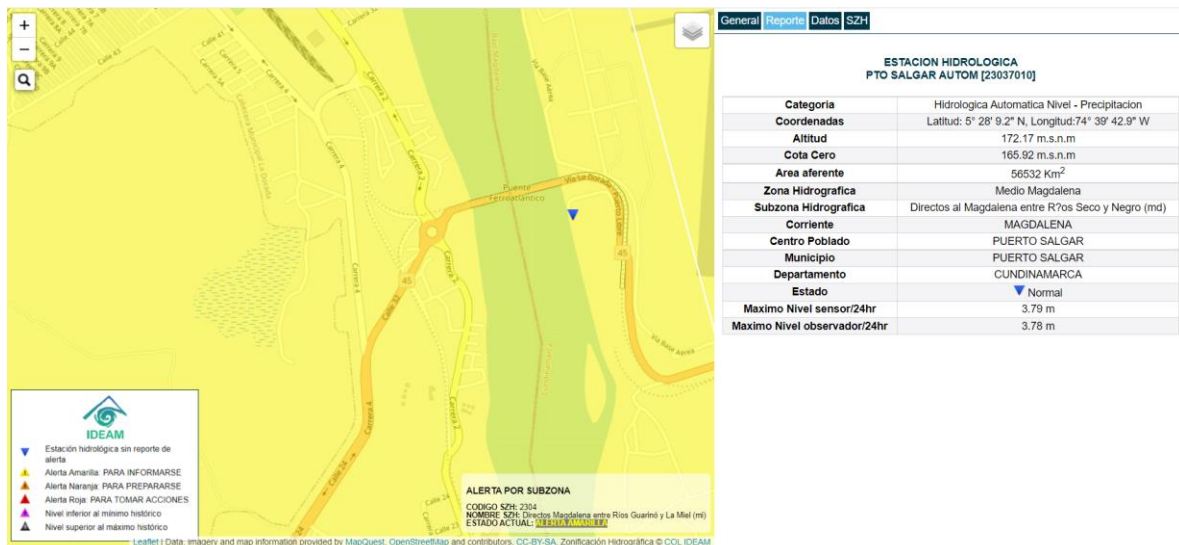


Imagen 44. Pantallazo página oficial de visor FEWS IDEAM (17/10/2021)
Fuente: <http://fews.ideam.gov.co/colombia/MapaEstacionesColombiaEstado.html>

Entonces, ¿Cómo puede estar La Dorada a ≈ 193 m.s.n.m. y el río a ≈ 186 m.s.n.m. cuando el medidor del flujo de este en el municipio del frente está a 172,17 m.s.n.m.?, ¿Cómo puede ser que La Dorada se inunda por efecto del río Magdalena estando aproximadamente 20,83 m por encima de un sensor que nunca ha sido sobrepasado por el agua?

Con lo anterior el equipo técnico de la **Gobernación de Caldas** y de la Universidad Nacional, así como el topógrafo de la empresa contratista, puso en duda las cotas de los amarres topográficos del proyecto de 2018, puesto que en las coordenadas en “x - y” todo nos coincidía pero había amplias divergencias en “z”. Teniendo en cuenta que el topógrafo se había basado en cotas del IGAC y del proyecto del enrocado no se conocía con exactitud su DATUM. Se hizo necesaria una verificación en campo por parte de las entidades correspondientes y una supervisión de levantamiento topográfico llevada a cabo por el topógrafo de la empresa contratista. Finalizando enero de 2020 y que dio como resultado que la cota oficial del IDEAM en su estación en Puerto Salgar está errada, debiendo estar 4.31 m por encima, es decir en la cota 176.48 m.s.n.m.

Lo anterior, junto con evidencias en soportes visuales (fotografías y videos) en las que se identificaba hasta donde había subido el agua en La Dorada en las últimas

inundaciones, sirvió para verificar la topografía de replanteo realizada por los constructores a finales de 2019 y que el error se encontraba en la topografía con la cual se realizó el diseño de 2018, ya que ubicaba todo ≈ 16.5 m por encima de la realidad. En resumen, eran dos errores pero en sentidos inversos, uno por deficiencias en el amarre topográfico que elevó el proyecto en casi 20,83 m y el otro inducido por una errónea cota oficial IDEAM que lo bajó 4.31 m. De esta operación ($20.83 - 4.31 = 16.52$) resultan los aproximados **16.5 m** que el proyecto de 2018 se ubica por encima de la realidad ya que tenía el **nivel medio del río en $\approx 186,5$ m.s.n.m.** cuando en realidad está a ≈ 170 m.s.n.m. lo ponía el nivel de la vía en el sector del Conejo muy por encima de los reales ≈ 176 m.s.n.m.

Sin intención de justificar el diseño de 2018, como si de alertar sobre esto, para temas académicos se han revisado estudios tanto de la alcaldía de La Dorada como de Empocaldas, encontrando errores similares y de diferentes magnitudes, tanto por encima como por debajo de las cotas verdaderas. Entonces, tras revisar y consensuar todas las topografías que se emplearon para el proyecto y habiendo definido lo certero, la obra de protección se bajó a sus verdaderos valores de alturas sobre el nivel del mar. Aprovechando dicho descenso, también se hizo un desplazamiento planimétrico de unos metros hacia la orilla, pensando en salvar la Cra 2ª y la ciclovía que el trazado de 2018 preveía demoler (ver figura N° 43) con esto ya no se afectaba la recién instalada tubería de acueducto de Empocaldas, ni el trazado del futuro colector perimetral de aguas residuales también de la misma empresa, ni las redes eléctricas, telefónicas y de internet; es decir se ahorran recursos públicos y se evitaba un gran impacto infraestructural. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

Por otro lado, el desplazamiento de la obra hacia la orilla del río, también se hizo pensando en que las casas hoy establecidas frente a la Cra 2ª no quedarán al borde del talud

enrocado, así se evitaron afectaciones a las viviendas por efecto de la construcción, además de prevenir posibles accidentes con los residentes y el negativo impacto social que en estos sentidos se daría. Esto también hizo que pudiese esquivarse la edificación patrimonial de “El Campamento” y “La estación La María” del ferrocarril, es decir también se mitigó el impacto al patrimonio histórico del municipio. Mover la obra hacia la orilla del río, hizo que el ítem excavaciones disminuyera, lo cual evitó la tala de todos los árboles del sector; dándose solo la erradicación de los individuos arbóreos que estuvieran sobre el talud al cauce, es decir se disminuyó el impacto ambiental del enrocado y el impacto social.

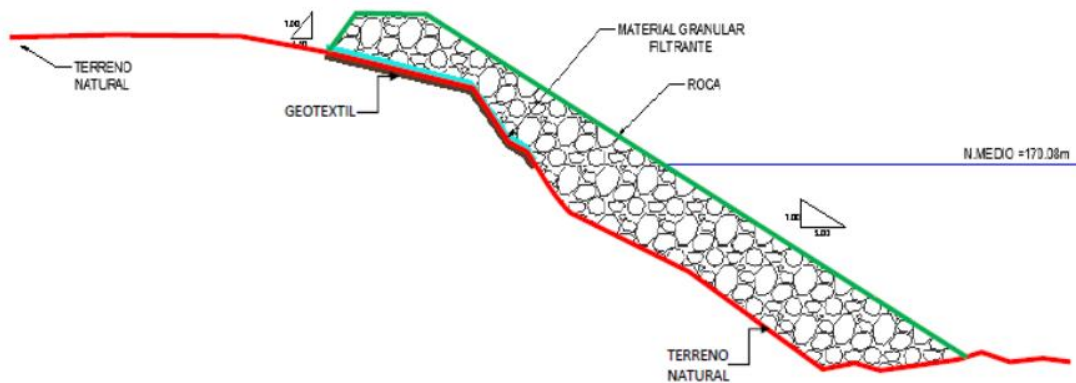


Imagen 45. Rediseño Rip Rap elaborado en la anualidad 2020. Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

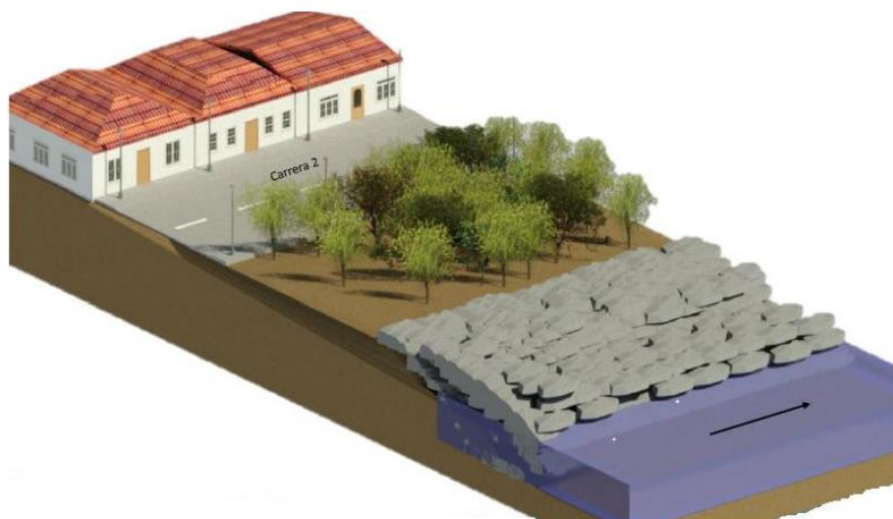


Imagen 46. Modelamiento del rediseño del Rip Rap, elaborado por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2020.

Con el diseño realizado para el año 2020, se evidencia que hay una ganancia de terreno y una recuperación del suelo perdido al casco urbano del municipio de La Dorada en la ventana de tiempo analizada en el trabajo de grado para un periodo de 81 años entre la anualidad 1940 y 2021, las afectaciones sociales y ambientales se reducen, hay que realizar menos remoción de material o excavaciones pero el volumen de roca a emplear aumenta.

Tabla 7. Propiedades físicas de la roca a emplear para el diseño Rip - Rap según rediseños 2020.

Dimensiones	40 cm a 1.80 m
Desgaste	< 20%
Densidad	2500 Kg/m ³ - 2650 Kg/m ³
Forma	Angular
VOLUMEN REQUERIDO	126.739 m ³

Considerando además que para los constructores no implicaba mayor dificultad desarrollar parte de los trabajos en el agua, contrario a hacerlo todo orilla adentro como se proponía originalmente (ver figura N° 42), con el traslado de la obra unos metros hacia el borde fluvial, también se logró recuperar parte de la ribera que se habían perdido por erosión en los últimos 81 años. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

Los cálculos hidrológicos ya habían sido verificados por el Ing. Marco Tulio Benítez y estaban correctos e igual procedimiento se hizo con la hidráulica, confirmándose las velocidades del agua cercanas a la orilla ≈ 6 m/s en el tramo curvo y ≈ 4 m/s en el tramo recto, con lo cual el enrocado se sectorizó en dos tramos:

- Tramo curvo, Bucamba hasta el Campamento, se le previó una pendiente 2,25:1 (H:V).
- Tramo recto, Campamento hasta Puerto de las lanchas, se le previó una pendiente 2:1.

Nuevas pendientes de los taludes del rip rap ahora un poco menos tendidas (el trazado de 2018 preveía taludes 3:1) pero que se encuentran dentro de lo recomendado por los estudios y diseños del proyectista original de la UN y conforme a recomendaciones internacionales de nuevo revisadas. Esta modificación se hizo con el fin de también disminuir las excavaciones y sus ya mencionados impactos, además de ocupar menos espacio del borde fluvial en enrocado, dejando más área para el desarrollo urbanístico del malecón de La Dorada. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

Respecto a la granulometría de las rocas, el diseño original preveía un menor espesor de la coraza de rocas pero una mayor dimensión en sus tamaños; es decir un material pétreo más voluminoso y por ende más pesado, lo que dificultaba su consecución, transporte y puesta en obra: Pero esto se remedió en el ajuste al diseño, empleando un mayor espesor de la coraza rocosa, en cuyo tramo bajo agua, según especificaciones técnicas, se debe disponer de un mayor volumen (50% más) de material para compensar las socavaciones a futuro y los hundimientos en el fondo del cauce dados por efecto del peso de las rocas (densidad en especificaciones fijada en 2650 kg/m³) y el peso de la maquinaria operando sobre ellas al momento de la construcción.

Hundimientos en el fondo del cauce completamente desconocidos al momento del rediseño, pero que ya en obra se tasaron en 1.5 m. y un volumen de 12.4%, lo que significa que en el fondo del río debe haber un volumen de $50\% - 12.4\% = 37.6\%$ de reserva para hacer frente a las socavaciones que en el futuro el río seguirá ejerciendo sobre la orilla de La Dorada.

Todo lo anterior hizo que el volumen de roca requerido por metro lineal de proyecto pasara del original 70,54 m³/m a 126.73 m³/m, es decir se incrementó el volumen total del

enrocado; pero este mayor volumen de roca contrasta con el menor volumen de excavaciones en la orilla.

Con estos soportes y teniendo además en consideración las apreciaciones de los pobladores y alcaldía municipal, expresadas en una reunión previa a mediados de febrero de 2020, de común acuerdo entre el ingeniero delegado de la gobernación, los ingenieros de INGECON, la presencia de un emisario de la interventoría y los nuevos ingenieros de la UN comisionados para el caso; fue que se modificó el emplazamiento y la configuración del **rip rap** originalmente propuesto. En ningún momento en esas fechas, algún miembro del equipo pensó en rellenos o que fuesen a requerirse; es más, ni siquiera el ítem estaba contemplado en los presupuestos. Tampoco se vislumbraron las extensiones de las tuberías o en general los problemas del drenaje, en el diseño de 2018 tampoco se consideraron y esto siempre fue un asunto de Empocaldas, pero ni ellos tenían conocimiento del número o estado de los descoles de aguas residuales en la zona. Así pues, todos estos tópicos son los elementos no previstos que en toda obra existen y que en su momento deben hacer actuar en consecuencia; como tampoco son cosas que deban catalogarse como faltas a la planeación, porque eran desconocidas en su momento. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

Necesidad de los llenos en el espaldar del Enrocado o RIP RAP.

Teniendo presente que es una obra para la mitigación de la erosión de la orilla, aun así para su emplazamiento altimétrico, se consideraron:

1) El nivel máximo del agua que en cercanías al puerto de las lanchas llegó a ≈ 174.60 m.s.n.m. para la primera de las mayores inundaciones vividas en el puerto caldense que con caudales de: $6517 \text{ m}^3/\text{s}$ en 2011 y $6595 \text{ m}^3/\text{s}$ en 2017, superaron la medida estadística del periodo de retorno ($T_r = 100$ años) que se calcula hidrológicamente en $6261.59 \text{ m}^3/\text{s}$.

2) Normas nacionales, internacionales y criterios hidrológicos que implican tener en cuenta el nivel del agua que se sucedería en una inundación con periodo de retorno ($Tr = 200$ años) que en este caso corresponde a una medida de 0.35 m por encima de la cota anterior.

3) Un factor de seguridad y para efectos del oleaje, con un borde libre de 0.30 m.
 $\approx 174.60 \text{ m.s.n.m.} + 0.35 \text{ m} + 0.30 \text{ m} \approx 175.25 \text{ m.s.n.m.}$

Lo anterior hizo que la corona del enrocado se situara entre las cotas $\approx 176 \text{ m.s.n.m.}$ en el caño de Bucamba descendiendo hacia los $\approx 175 \text{ m.s.n.m.}$ en el puerto de las lanchas; siguiendo a su vez el nivel natural de la terraza aluvial sobre la que se encuentra La Dorada y la pendiente de la lámina de agua del río ($\approx 0.34 \text{ cm/km}$). Esto prevé una altura ligeramente superior a lo alcanzado por las aguas del río Magdalena en las olas invernales de 2011 y 2017, que según se observa en la figura N° 47, cubrieron la zona e incluso ingresaron más allá.



Mancha de inundación abril 24 de 2011

Mancha de inundación mayo 17 de 2017

Imagen 47. Inundaciones Mapeadas La Dorada-compilando insumos de la alcaldía de La Dorada, Camara de comercio de la ciudad, evidencias comunitarias y videos de sobrevuelos de la fuerza aerea colombiana. Fuente:-: Tesis de maestría Fabían Andrés Yara Amaya-2019

Es decir, los niveles del enrocado no corresponden a valores arbitrarios, sino que superan en unos “pocos centímetros”, los máximos niveles de agua que hasta ahora se han medido en este sector del río Magdalena. Niveles que producto de la variabilidad climática, el cambio climático, la deforestación en la cuenca y la operación de las represas de Betania y El Quimbo, se han vivido en La Dorada dos veces en 10 años con altas probabilidades de que vuelvan a suceder aun cuando estadísticamente solo deberían ocurrir una vez cada 100 años.

En cuanto a los niveles en la zona de las vías férreas, quizá en su momento debieron excavar allí para cumplir con las pendientes de su trazado; esta puede ser la razón por la cual, las viviendas recién desalojadas en la orilla, el antiguo remolcador, las bodegas y la estación del ferrocarril están hoy por debajo del nivel de la terraza aluvial que viene desde el sector de “Bucamba” y que se refleja en los niveles de la carrera 2ª del casco urbano del municipio de La Dorada Caldas.

Así que rellenar el trasdós del enrocado sería quizá restituir el nivel original de la zona ribereña para sobre el ubicar el futuro malecón, un poco por encima de la cota de inundación ya superada dos veces en 10 años, es decir procurar no someterlo a posibles inundaciones como las ya sucedidas.

Considerando la permeabilidad del enrocado y sin relleno en el trasdós, modelaciones dinámicas empleando un caudal de 6517 m³/s como se midió en 2011, muestran en las figuras N° 48 y 49 como el agua entra a esta área, dándose alturas de lámina mayores a 2.0 m en la zona del antiguo remolcador y en sectores de las bodegas del ferrocarril.

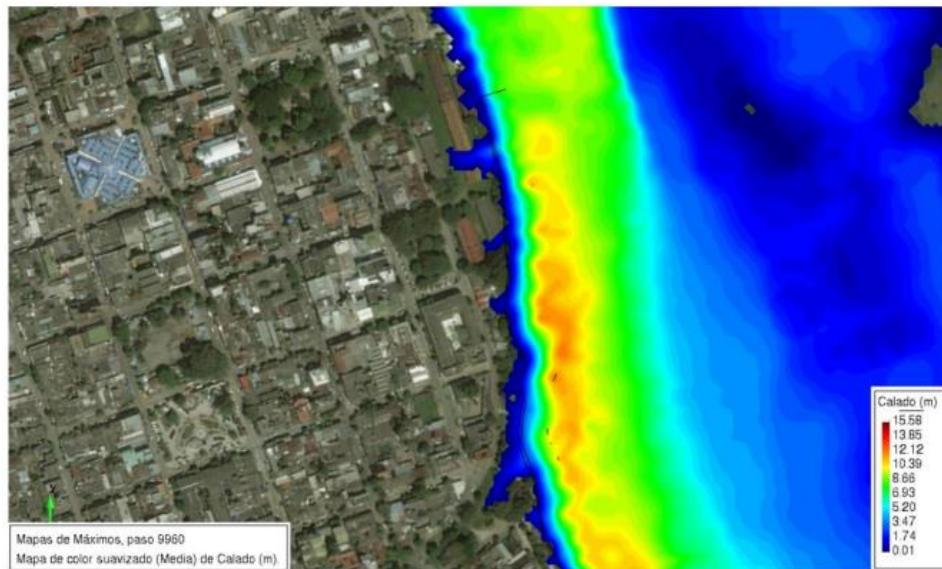


Imagen 48. Modelación de las posibles inundaciones si no se realizan los rellenos, de acuerdo a rediseño Rip Rap 2020. Fuente: Rediseños y Tesis de Maestría Fabian Andrés Yara Amaya 2019.

No rellenar la parte posterior del Rip Rap, generaría una depresión entre este y la cra 2^a que se inundaría. Si este espacio alrededor de la estación va a ser el punto central del malecón de La Dorada, las infraestructuras allí proyectadas sufrirían con cierta frecuencia el embate de las aguas, arrastrando los elementos urbanísticos, afectando los puntos turísticos y de ventas, los equipamiento y mercancías, etc; y si bien en un principio no se alteraría la estabilidad estructural del enrocado, ni su función de mitigar la erosión en la orilla; la velocidad de ingreso y salida de las aguas, en el largo plazo pueden irlo desestabilizando, erodándolo. (Yara Andrés, Franco Freddy Universidad Nacional de Colombia).

De igual manera rellenar el trasdós del enrocado en la zona de Frigia, al lado del caño de “Bucamba”, se requiere porque allí se genera un espacio que podría llegar a ser ocupado por viviendas ilegales y en episodios de crecientes, acumularía agua del río mezclada con aguas negras provenientes del caño creando un problema social y sanitario. Esta fue la razón de la última modificación del diseño del 2018, en marzo de 2020, que enderezó el enrocado en dicho sector, disminuyendo el espacio entre enrocado y terraza aluvial a ser rellenado (ver figuras N° 49 y 50).

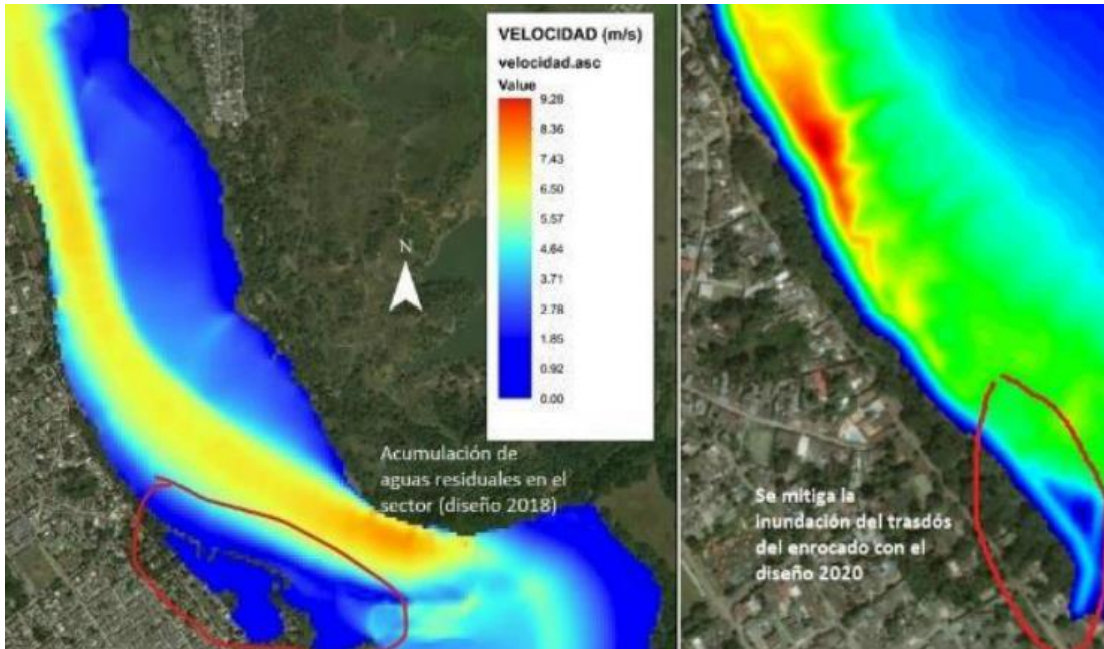


Imagen 49. Modelación de la adecuación de diseños (2020) en el sector de descole de Bucamba, para disminuir procesos de inundación. Fuente: Rediseños y Tesis de Maestría Fabian Andrés Yara Amaya 2019.

Se logra observar en la imagen de la izquierda que el rediseño y subir la cota del enrocado es necesario para mitigar los procesos de posibles inundaciones hacia la parte posterior del enrocado debido a los cambio topográficos que existen en el sector, con los ajustes y rediseños se observa en la imagen derecha que se mantiene una protección al casco urbano por fenómenos naturales de inundación, es por esto que fue necesario realizar los respectivos ajustes en el trazado del enrocado y su cota máxima de construcción.



Imagen 50. Construcción atendiendo los lineamientos ajustados y cota máxima de inundación, sector de Bucamba - Tramo Sur del proyecto de mitigación. Fuente: Propia Supervisión al contrato de obra.

Los rellenos en la parte posterior del rip rap se requieren pues, por razones de conformación de la plataforma para sobre esta realizar la solución urbanística del “Malecón de La Dorada”, es decir hacen parte integral del proyecto, una necesidad para poder llevarla a cabo. Evitando que esta zona sea retomada por habitantes informales, retorne a ser el botadero de escombros y basura que fue por décadas, que se empoce con aguas lluvias generando nacederos de mosquitos transmisores de enfermedades o que se inunde con una mezcla de aguas del río y aguas residuales que se vierten directamente en la zona, generando un problema sanitario y social.

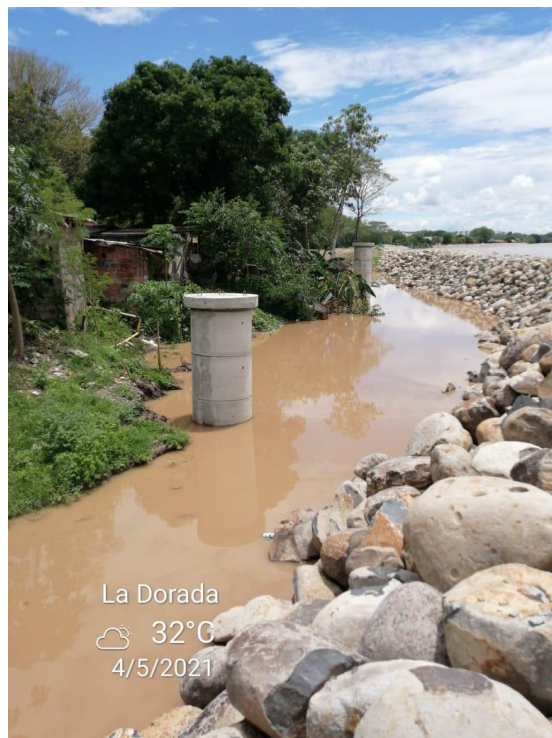


Imagen 51. Inundaciones generadas en la parte interna del Rip Rap durante la construcción del mismo. "Ola Invernal 04 mayo de 2021".



Imagen 52. Inundaciones generadas en la parte interna del Rip Rap durante la construcción del mismo. "Ola Invernal 02 mayo de 2021".

12.8.3 Justificación del cambio de diseños

- La movilidad del cauce es tal, que el diseño inicial tenía una vida útil y tras vencerse, debía ajustarse a condiciones topobatimétricas más recientes.
- Con el nuevo emplazamiento y nueva pendiente se minimizan las excavaciones en la orilla y se recupera parte de la orilla perdida.
- El nuevo trazado disminuye el impacto ambiental en cuanto a la tala de árboles a los estrictamente necesarios, además evita el empozamiento de aguas lluvias, residuales o del río, razón por la cual serán necesario rellenos conformando la rasante sobre la cual va el malecón.
- Con el diseño ajustado se da una menor afectación social, infraestructural y patrimonial al mantener la carrera 2da con sus redes de agua potable, alcantarillado, electricidad y telefonía; además de esquivar las bodegas del ferrocarril.

- Con el ajuste al diseño se incrementa la cantidad de piedra por metro lineal de enrocado.
- Disminuir impactos sociales, ambientales en la fase de construcción del enrocado, así como contribuir a contención de posibles fenómenos de inundación en el sector por crecientes del río Magdalena.
- Ajustar el rediseño implicó corregir los datos topográficos de amarre en “Z” altimetría, los diseños iniciales contaban con datos erróneos en el componente “Z” toda vez que se tenía que el nivel medio del río es 180 y la carrera segunda (diseños iniciales iba a ser removida) se encontraba a una cota de 193msnm, cuando en realidad el nivel medio de la alamina de agua se encuentra a 170 msnm y la vía de la carrera 2da se encuentra a 175 msnm.



Imagen 53. Localización diseño – 2018 Alcance: 1330 metros lineales. Der. Localización diseño – 2020 Alcance: 1347,22 metros lineales Fuente: Rediseños Gobernación de Caldas- Universidad Nacional sede Manizales.

El diseño realizado para la anualidad de 2018 contaba con un alcance de 1330 metros lineales desde Barrio Bucamba K0+00 hasta K1+330: Sector Ferrocarril de La Dorada (Puerto las lanchas), este diseño pasaba por el descole del barrio Bucamba generando una obstrucción al mismo, para la anualidad 2020 se realizó los rediseños en donde se seguía los

lineamientos en concordancia con la desembocadura del caño de Bucamba con el fin de no obstruir este descole y disminuir la acumulación de aguas residuales al interior del enrocado, Localización diseño – 2020 Alcance: 1347,22 metros lineales K0+000: Barrio El Conejo (Sector Bucamba) K1+347,22: Sector Ferrocarril de La Dorada (Puerto las lanchas).

12.8.4 Construcción de obra para mitigación integral de riesgos de socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio La Dorada del Departamento de Caldas.

Componente técnico.

Una vez se obtuvieron los permisos para dar inicio a la construcción de las obras para mitigación de socavación, se empezó con la construcción de la base del enrocado, el cual consistía en crear una plataforma donde se iba a reposar el material que iba a estar sobre la parte de la pendiente y la corona del diseño del enrocado. Para esto se realizó una intervención del cauce del río Magdalena, donde se recuperó terreno el cual había sido erosionado y socavado en los últimos **81 años**.

Esta construcción se realizaba avanzando sobre la ribera se iba depositando material descargado por volquetas doble troques sobre el cauce del río y con la ayuda de una retroexcavadora de brazo largo se iban deponiendo de manera ordenada, una vez se tenía constituida la plataforma, la retroexcavadora avanzaba sobre la plataforma construida y continuaba con el siguiente tramo, así se iba desarrollando el avance de la construcción de la base del enrocado, avanzando en promedio 10 metros por día sobre el contacto de la ribera del río y su cauce, de esta manera se aseguró recuperar suelo perdido.



Imagen 54. Construcción de la base del enrocado, límite de la ribera y el cauce del río. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.



Imagen 55. Proceso de construcción de la base del enrocado (Rip-Rap). Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.



Imagen 56. Proceso de construcción de la base del enrocado (Rip-Rap). Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.



Imagen 57. Base del enrocado (Rip-Rap) Finalizado. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

En la segunda fase, se continuo con el procesos de adecuación del terreno, el cual consistía en la remoción de la capa más superficial, que para el sector correspondía a mala disposición de estériles o residuos de construcción y demolición, prácticamente correspondían a escombros los cuales eran depositados por gran parte de los ciudadanos de La Dorada cada vez que realizaban adecuaciones a sus hogares, una vez removida estos materiales, se procedió a perfilar el talud de acuerdo a los diseños aprobados en la anualidad 2020.



Imagen 58. Adecuación del terreno, Retiro de material contaminado y perfilado del talud. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

Una vez perfilado el terreno, se realizó la instalación de geotextil con el fin de reforzar el suelo, retener sedimentos finos, previniendo la erosión y estabilizando el terreno, de esta manera asegurando una perdurabilidad en el tiempo de la obra de mitigación de socavación.



Imagen 59. Proceso de instalación de geotextil en la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación Rip-Rap. Fuente Elaboración Propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

Una vez se realizó la instalación de los geotextiles sobre la parte de la pendiente de la estabilización del talud, se continuo por realizar la disposición de la segunda capa de material pétreo con las condiciones físicas requeridas en el diseño en relación a porcentajes de desgaste, densidad, forma y dimensiones, siempre con un control topográfico con el fin de mantener las pendientes determinadas del rip-rap.



Imagen 60. Avances en la construcción de la obra para la mitigación de riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia – Gobernación de Caldas.

Los controles permanentes en términos de topografía son de gran importancia en la construcción de la obra de mitigación con el fin de conservar la pendiente de estabilización del talud que permita que las rocas dispuestas se consoliden y realicen el asentamiento natural

producto de su peso en el terreno, de igual manera con el fin de conservar los rasgos estéticos y armónicos con el entorno del enrocado.



Imagen 61. Sección típica de la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación, se observa la base, pendiente y corona del enrocado sobre un talud perfilado. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

Proceso de demolición y reubicación de asentamientos irregulares.

Durante el avance del proyecto de la construcción de la obra de mitigación, se identificaron viviendas que se encontraban en zonas de faja de protección del río Magdalena, no contaban con escrituras que constataran que fuesen de propiedad de sus habitantes, se trataba de asentamientos irregulares, en oleadas invernales siempre se veían afectados y damnificados por estos fenómenos naturales, de acuerdo a la dinámica natural del cauce, estos asentamientos se encontraban sobre una zona de erosión, la amenaza estaba latente y su vulnerabilidad era alta por sus condiciones de infraestructura, se encontraban bajo riesgo inminente.

El estudio de la ola invernal del año 2008 realizado por Fonvipo y la Defensa civil, identificó algunas viviendas que deberán ser reasentadas. Cabe aclarar que dichas viviendas no solo se deben reasentar por encontrarse en zonas de riesgo por inundación, sino también por presentar gran deterioro físico. (PBOT La Dorada 2013-2027).

Tabla 8. Viviendas a reasentar por riesgo de inundación y deterioro físico, Fuente: Ajustado de FONVIPO y Defensa Civil, Ola Invernal del año 2008.

BARRIO	MANZANAS	NUMERO DE VIVIENDAS
LAS DELICIAS	3	86
LA FORTUNA	3	36
CONEJO	4	30
LAURELES	1	4
LIMONES	2	12
OBrero	4	30
VIALLA CARMENZA	4	22
CENTRO	4	21
CONCORDIA	5	78
COREA	7	40
BUENOS AIRES	4	41
LAS GRANJAS	1	7
CENTRO PUERTO LANCHAS	2	37
BUCAMBA	7	112
LIBORIO	1	10
TOTAL	52	556

A lo largo de la ribera del río Magdalena sobre el casco urbano del municipio de La Dorada, se han identificado asentamientos irregulares y/o viviendas que se encuentran sobre las fajas de protección ambiental del río, viviendas que generalmente se encuentran en malas condiciones, con amenazas de fenómenos naturales presentes y muy vulnerables lo que podría ocasionar en cualquier instante un riesgo para sus vidas; en el tramo de la construcción del enrocado se identificaron 39 viviendas o núcleos familiares susceptibles a ser reubicados en viviendas que les mejore sus condiciones de vida y de las cuales estén registradas ante instrumentos públicos y cuenten con sus escrituras.



Imagen 62. Proceso de demolición de asentamientos irregulares correspondientes a viviendas y establecimientos comerciales que se encuentran en la faja de protección ambiental del río grande de la Magdalena. Fuente: Elaboración propia- Gobernación de Caldas- INGECON.



Imagen 63. Proceso de demolición de asentamientos irregulares. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.



Imagen 64. Proceso de demolición de asentamientos irregulares. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

Proceso que se está realizando por la intervención de la construcción del enrocado para la mitigación de la socavación en la ribera izquierda del Rio Magdalena al sur de la

ciudad en el sector de centro del tejido urbano que comprende desde la parte posterior de la Bodega Coca-Cola hasta la Estación del Ferrocarril La María, a partir el informe realizado en enero 04 de 2021 para el Contrato de obra No. 09122019-1403.

A la fecha se ha realizado la reubicación de doce (12) predios que han sido demolidos, las viviendas donde se han reubicado se encuentran en la urbanización Alameda y Urbanización Primavera, estas corresponden a viviendas de interés social construidas por el departamento y la alcaldía municipal, cuentan con sus respectivos servicios públicos y escrituras públicas.

Tabla 9. Viviendas que fueron intervenidas (demolidas) y reubicados.

SECTOR	ID	DIRECCIÓN	JEFE DEL HOGAR	IDENTIFICACIÓN		REUBICACIÓN	
ORILLA DE RIO-1	1	ORILLA	JUAN GÓMEZ	CC	91202112	URB. ALAMEDA	Bloque 2 apto 106
	2	ORILLA	JOSÉ ANTONIO MORALES	CC	10900038	URB. ALAMEDA	Bloque 1 apto 203
	3	K 2 2-24	NORMA VIVIANA CASTILLO	CC	30386080	URB. ALAMEDA	Bloque 2 Apto 107
	4	K 2 2-25	ANA BEATRIZ HERNÁNDEZ MARÍN	CC	30343209	URB. ALAMEDA	Bloque 2 Apto 101
	5	K 2 2-12	ZORA ARLEDY PARRA	CC	43572341	URB. ALAMEDA	Bloque 2 Apto 204
	6	K 2 2-16	MARIA DEL CARMEN GUARÍN	CC	24704691	URB. PRIMAVERA	Manzana F casa 11
ORILLA DE RIO- 2	7	K 1 10-12	MERCEDES VIVAS CAICEDO	CC	38998309	URB. PRIMAVERA	Manzana F casa 10
	8	K 2 8-54	ALEXANDER LÓPEZ LASSO	CC	10184425	URB. ALAMEDA	Bloque 2 Apto 205
	9	K2 9-16	MIGUEL ÁNGEL MORENO	CC	10164817	URB. PRIMAVERA	Manzana F casa 12
	10	K 2 9-20	MARTHA RUTH OROZCO SANABRIA	CC	30343085	URB. ALAMEDA	BLOQUE 2 APTO 201
	11	C 10 K 1 y 2	ANA CENET CHIQUITO RÍOS	CC	24706952	URB. ALAMEDA	Bloque 2 Apto 103
	12	K1 11A	LUIS CARLOS MELGAREJO "EL REMOLCADOR"	CC		DEMOLICIÓN - PENDIENTE DE REUBICAR	

Por otro lado se avanza con la identificación de las viviendas que continúan en el proceso de reubicación, allí se tiene identificado veintisiete (27) núcleos familiares que serán reubicadas en la urbanización Primavera, de igual manera estas viviendas corresponden a urbanizaciones de interés social las cuales cuentan con sus servicios públicos, vías de acceso y se les otorgará las escrituras públicas de las mismas.

Tabla 10. Viviendas que están en proceso de reubicación para el Proyecto de Viviendas de interés Prioritario en la Urbanización Primavera.

SECTOR	ID	DIRECCIÓN	JEFE DEL HOGAR	IDENTIFICACIÓN	
ORILLA DE RIO- 1	1	K 1 1-34	YOLANDA ARELLANO ROMERO	CC	30344849
	2	K 1 1-32	ANA MARIA GARCÍA QUESADA	CC	30389228
	3	K 1 1-32	PAOLA ANDREA ESCALANTE GARCÍA	CC	1054567751
	4	K1 1-28	OLGA LUCIA TERÁN MONSALVE	CC	30386818
	5	K1 1-28	JESSICA ALEJANDRA ROJAS TERÁN	CC	1054558274
	6	K1 1-32	HERNÁN ANTONIO SÁNCHEZ SÁNCHEZ	CC	2649882
	7	K1 1-31	NUBIA BARRETO ÁVILA	CC	51917158
	8	K1 1-31	JENNIFER TATIANA BERMÚDEZ BARRETO	CC	1054564491
	9	K1 1-30	ANDRÉS FELIPE MONTOYA RAMÍREZ	CC	1054571956
	10	K1 1-30	MARIA LILIANA RAMÍREZ	CC	30351151
	11	K1 1-28	RUBIELA VALENCIA RUEDA	CC	30385622
	12	K2 1-24	JENNIFER LORENA SIERRA VELÁSQUEZ	CC	1110480936
	13	K2 1-24	GLORIA ELENA VELÁSQUEZ	CC	30345309
	14	K1 1-16	GUILLERMO ARTURO GIRALDO	CC	3427636
	15	K1 1-16	MARY LUZ MOLINA SOTO	CC	1018428507
	16	K2 2-06	ANYIT BENITA CÉSPEDES CASTAÑEDA	CC	1054562367
	17	K1 1-30	BLANCA NIDIA ARIZTIZABAL	CC	30351050
ORILLA DE RIO- 2	18	K2 9-24	JHON JAIRO MONCADA BARRAGÁN	CC	10170595
	19		RECUERDOS DEL AYER LOCAL COMERCIAL		-
	20	K 2 9-34	LUCERO QUESADA RAMÍREZ	CC	30351445
	21	K 1 11A-28	ARLEY PATIÑO ÁVILA	CC	10181734
	22	K 1 11A-46	ALONSO HERNÁNDEZ OROZCO	CC	10156257
	23	K 2 8-08	OLGA LUCIA LAFAURIE GUTIÉRREZ	CC	30341634
	24	C 10 K 1-2	ESPERANZA BERRUECOS GIL	CC	32814286
	25	C 10 K 1-2	VIVIANA CARDONA BARÓN	CC	24717456
	26	K 1 11A-28	GERMAN EXNEIDER PATIÑO BERMÚDEZ	CC	1054563593
	27	K 1 11A-46	NELLY HERNÁNDEZ GONZÁLEZ	CC	30387810

El proceso de caracterización y levantamiento de actas de vecindad que permitan identificar las personas que habitan estas viviendas y llegar a un acuerdo con estas comunidades, no fue un trabajo sencillo, toda vez que estas personas soy muy arraigadas a las condiciones y estilo de vidas que llevan, se oponen a los cambios y como lo manifiestan a dejar los hogares donde han permanecido durante toda su vida y donde su sustento lo

consiguen del arte de la pesca, actividad que en su momento la ejercían prácticamente en el patio de sus casas; Aun proponiéndoles viviendas donde iban a tener unas mejores condiciones de vida, preferían en muchos casos, continuar en sus casas al borde del río.

Registro fotográfico de las viviendas demolidas.



Imagen 65. Vivienda del señor José Antonio Morales, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación.



Imagen 66. Vivienda del señor Norma Viviana Castillo, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación.



Imagen 67. Vivienda del señor Ana Beatriz Hernández Marín, sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación.



Imagen 68. Viviendas demolidas ubicadas sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Izq. Alexander López Lasso. Der Miguel Angel Moreno. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación.



Imagen 69. Viviendas demolidas ubicadas sobre la faja de protección ambiental del Río Magdalena, fue demolida y reubicada en mejores condiciones de vida. Izq. Martha Ruth Orozco. Der. Luis Carlos Melgarejo. Fuente: Gobernación de Caldas-Alcaldía de La Dorada, Construcción obra de mitigación.

Proyectos en donde se reubicaron los hogares:



Imagen 70. Urbanizaciones de interés social donde serán reubicados los núcleos familiares de las viviendas demolidas en el marco de la construcción de la obra de mitigación por riesgo de socavación. Fuente: Elaboración propia.

Las urbanizaciones donde serán reubicados las familias intervenidas durante la construcción de las obras de mitigación del riesgo de socavación, corresponden a la Urbanización “Alameda Etapa 1”, “Alameda Etapa 2” y a la urbanización “Primavera”.

Dificultades en construcción la de la obra de mitigación de socavación.

Los principales inconvenientes en la fase de construcción del Rip – Rap fue la reubicación de las viviendas y comunidades que se encontraban en asentamientos irregulares sobre la faja de protección del río Magdalena, una vez estas familias fueron reubicadas en viviendas de interés social donadas por parte de la Gobernación de Caldas y de la administración municipal de La Dorada, se presentó otro de los inconvenientes y fue contar con la temporada de la Ola Invernal de los meses de marzo y mayo de 2021, la cual generó que se detuvieran las obras y un retraso en el cronograma.



Imagen 71. Evidencias temporadas de lluvias en los meses de marzo y mayo de 2021.



Imagen 72. Acumulación de aguas lluvias hacia la parte interna del enrocado, áreas susceptibles a rellenar en la fase de estructuración y diseños de Malecón.



Imagen 73. Suspensión de obras de construcción obra de mitigación de socavación, temporadas de lluvias en los meses de marzo y mayo de 2021.

Por otro lado es importante realizar análisis de sedimentación, una vez pasó la temporada de alta pluviosidad entre los meses de marzo y mayo de 2021, se logró verificar que a través de los espacios vacíos o intersticios entre las rocas empleadas para la construcción de la obra de mitigación, se acumuló material más fino tipo arcillas limo y arenas finas, lo que geotécnicamente es favorable para la obra toda vez que actúa como aglutinante dándole mayor consistencia y cohesión, creando una matriz disminuyendo su porosidad y creando un cemento silíceo que posiblemente puede aportar a la estabilidad, resistencia a la deformación y por consiguiente conservación del enrocado.



Imagen 74. Procesos sedimentarios, acumulación de sedimentos finos en los espacios del enrocado, disminuye porosidad y aumenta cohesión de las rocas.

Componente ambiental.

PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

- * Administración de la gestión ambiental.
- * Inducción y Capacitación.
- * Cumplimiento de requisitos legales

CONSTRUCTIVAS

- * Señalización y Manejo de tráfico.
- * Manejo integral de materiales de construcción.
- * Intervención de orilla.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

- * Gestión Integral de RCD y escombros.
- * Gestión Integral de Residuos Sólidos y Especiales

GESTIÓN HÍDRICA Y CALIDAD DEL AIRE

- * Manejo de aguas superficiales.
- * Manejo de residuos líquidos domésticos
- * Control de la calidad del aire.

BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

- * Manejo de la cobertura vegetal.
- * Protección de Fauna.

INSTALACIONES TEMPORALES Y MANEJO DE MAQUINARIA

- * Instalaciones temporales.
- * Control de maquinaria y vehículos.

Imagen 75. Programas de manejo ambiental en la obra de mitigación de riesgos de socavación.

Planificación Ambiental:

Administración de la gestión ambiental: Seguimiento a la implementación del PMA y Permisos.

Inducción, Capacitación y Comunicación: Dirigidas a la implementación de las medidas de manejo ambiental y el cuidado del medio ambiente.

Cumplimiento de requisitos legales: Cumplimiento de permisos ambientales para ejecución del proyecto y verificación de permisos de proveedores y/o terceros.

El proyecto (Contrato 09122019-1403) no requiere licencia ambiental, según artículo 8 – Decreto 2041 de 2014 y concepto 2019-IE-00012134-CORPOCALDAS

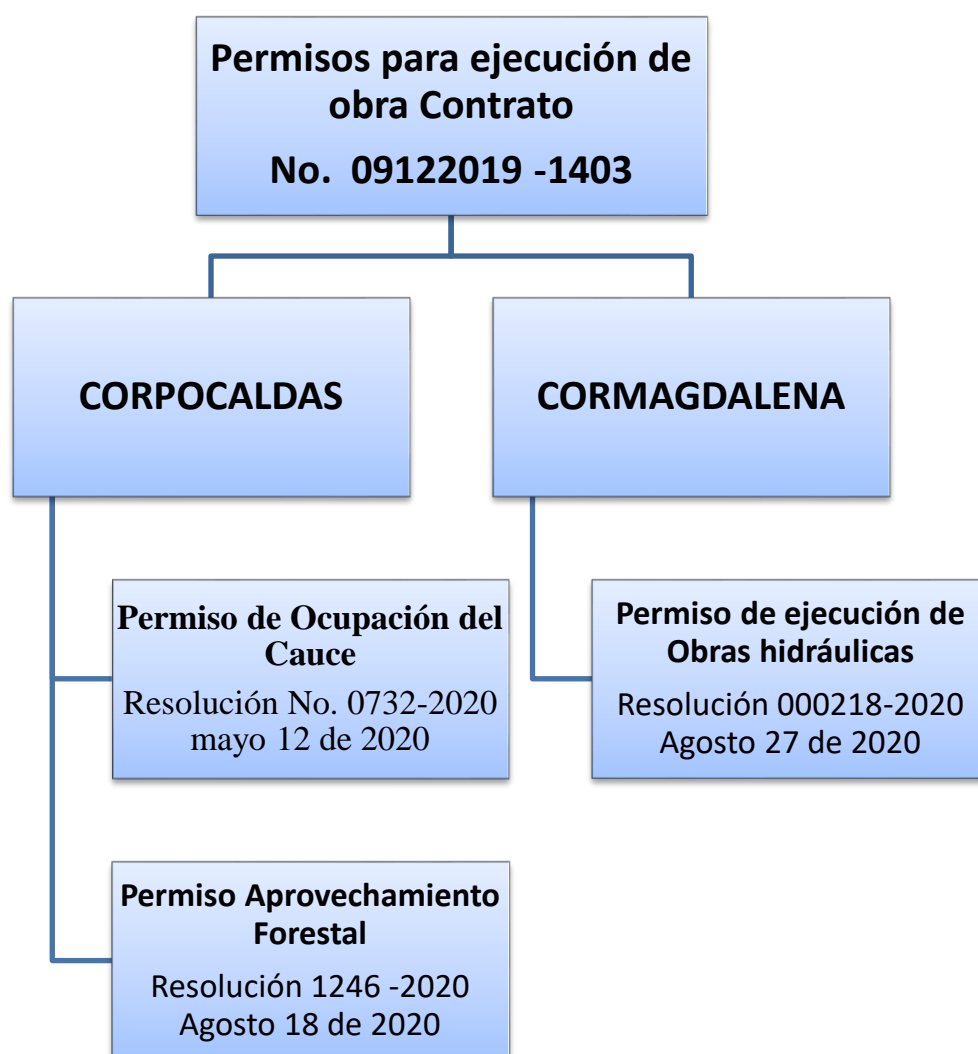


Imagen 76. Permisos necesarios para la ejecución del contrato de obra para la mitigación de la socavación.

Permisos de proveedores y/o Terceros

Tabla 11. Proveedores de terceros en relación a materiales de construcción, disposición de materiales de excavación y residuos sólidos, disposición aguas residuales. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas-INGECON.

ASPECTO	RAZÓN SOCIAL	TIPO DE PERMISO	ESTADO AL MOMENTO DE EJECUCIÓN
Fuente de materiales	Minas y Construcciones La Española	Título Minero: GEPO-02 Licencia Ambiental: Resolución 371 de 2011	Vigente
	El Mesuno	Título Minero: JJJ-15111 Licencia Ambiental: Resolución 0574 de 2017	Vigente
Disposición material Excavación y residuos sólidos	Relleno Sanitario Regional	Licencia Ambiental: Resolución 289 de 2008	Vigente
Disposición de A.R.D	Marthe Soluciones/Bamocol	Permiso de Vertimientos: Resolución 4529 de 2018 Plan de Contingencias: Res PS-GJ.1.2.6.19.1322 de 2017	Vigente

Actividades constructivas

Señalización y Plan de movilidad y tránsito: se realizó cerramiento y delimitación de las áreas donde se realizan los trabajos de estabilización de taludes y disposición de roca, implementación de PMT y humectación de vías con el fin de disminuir el material particulado.

Manejo de Materiales de Construcción: durante la construcción del Rip Rap las rocas que cumplieran con las características físicas y químicas, eran dispuestas inmediatamente sobre la obra cumpliendo las indicaciones técnicas topográficas y estructurales.

Intervención de orilla: ejecución de obra sin obstaculizar el flujo normal del río Magdalena, durante la etapa de erradicación de material arbóreo, estos residuos no eran arrojados al río, eran dispuesto hacia el relleno sanitario.

Gestión integral de RCD y escombros

Los principales materiales generados a partir del avance de la obra consistió en residuos de demolición de infraestructura, materiales de excavación contaminados con residuos sólidos, material vegetal, producto del aprovechamiento forestal y escombros que arroja la comunidad al corredor de intervención

Son residuos sólidos convencionales generados durante la operación de la oficina de obra, campamento de obra y frente de trabajo, conformados principalmente por restos de comida, empaques, envases y embalajes, cuya gestión se realiza a través de la separación en la fuente para realizar disposición final en el relleno sanitario a través de la empresa de aseo municipal. También se realizan jornadas de aseo en el corredor de intervención para la recolección de los residuos arrojados por la comunidad.

Gestión hídrica y calidad del aire.



Mantenimiento Unidades Sanitarias (Proveedor Externo)



Consumo de Agua Industrial (EMPOCALDAS)



Jornadas de Orden y aseo



Protección de Sumideros



Limpieza de vías



Carpado de Vehículos



Humectación de vías

Imagen 77. Actividades ambientales desarrolladas en el área de influencia del proyecto en relación a la gestión hídrica y calidad del aire.

Instalaciones Temporales – maquinarias y vehículos.



Imagen 78. Instalaciones temporales, maquinarias y vehículos empleados en la construcción del Rip Rap.

Manejo de la cobertura Vegetal.

- Inventario Total área de influencia: 671 árboles.
- Árboles a talar objeto de autorización por parte de CORPOCALDAS: **316 árboles**.
- Árboles a talar resolución CORPOCALDAS 2020 – 1246 por parte de CORPOCALDAS: **266 árboles** (frutales y ornamentales no requieren permiso).
- El 56,01% de los árboles a remover presentar diámetros entre los 10 cm y los 20 cm, en general se observa una elevada presencia de árboles jóvenes propia de especies con una elevada capacidad de regeneración natural.
- Los árboles a talar se distribuyen en 38 especies, siendo la más representativa el payandé con 62 elementos que arroja un 19,62% en relación con la cantidad considerada.

- Árboles con bajo porte principalmente de las especies, chitato, acacia amarilla y leucahena.

Con el fin de conservar lo máximo de la faja de protección forestal del río grande de la Magdalena, lo que se busca es conservar el mayor número de especies arbóreas nativas de tal manera que se conserve los planes de ordenamiento territorial que busca la conservación y protección de los afluentes, así como los POMCA y las directrices impartidas por las corporaciones ambientales correspondientes como CORPOCALDAS y CORMAGDALENA para este caso en especial.

Es por esto que mediante la etapa constructiva se decidió dar conservación (entre muchas de las especies) a una en especial por sus condiciones fitosanitarias, estetico, relevancia ecosistemica y de bienestar tanto a la comunidad como al proyecto, es uno de los arboles más representativas del sector, empleando para esto un muro de contención que asegurara su conservación y mitigará procesos de erosión y socavación y su posible volcamiento.



Imagen 79. Obras para la conservación y protección de especies arbóreas en la faja de protección ambiental.
Fuente: Gobernación de Caldas.



Imagen 80. Construcción final del muro para la contención y conservación de especies arbóreas. Fuente; Elaboración propia - Gobernación de Caldas

Las especies que se conservan y no interfieren con el desarrollo del proyecto de conservación son aisladas y señalizadas respectivamente, realizando una poda controlada que permita el acceso de las diferentes maquinarias como retroexcavadoras de brazo largo, volquetas doble troque y la instalación de albergues temporales.



Imagen 81. Encerramiento especies arbóreas a conservar en la construcción de la obra de mitigación. Fuente: Elaboración propia -Gobernación de Caldas.

Compensación por tala de individuos forestales

Como compensación, la Corporación ambiental ordenó Plan de Compensación aprobado por CORPOCALDAS, realizar la siembra de 1.330 individuos de especies forestales nativas.

Se realizará la siembra una vez finalice el proyectó, el mantenimiento se realizará de manera semestral por parte del departamento de Caldas.

Manejo de la fauna

La metodología empleada en el proceso de protección, conservación y reubicación de la fauna presente en el área del proyecto de mitigación fue el siguiente:

- **Inventario de Fauna:** Recorrido en campo, avistamientos y registro de la fauna presente.
- **Liberación de áreas:** liberación de coberturas vegetales sujetas a intervención.
- **Manejo de Fauna:** Rescate, reubicación y ahuyentameinto de especies de fauna en los frentes de obra.
- **Socialización y capacitación:** acercamiento a las comunidades , veedurias ciudadanas y juntas de acción comunal para brindar información al proceso de reubicación de las especies.

Fases.

- **Inventario de la Fauna**
- **Liberación de árboles**
- **Rescate de fauna en caso de ser necesario**
- **Seguimiento a nidos y polluelos**
- **Monitoreo de fauna, ahuyentamiento en obra.**

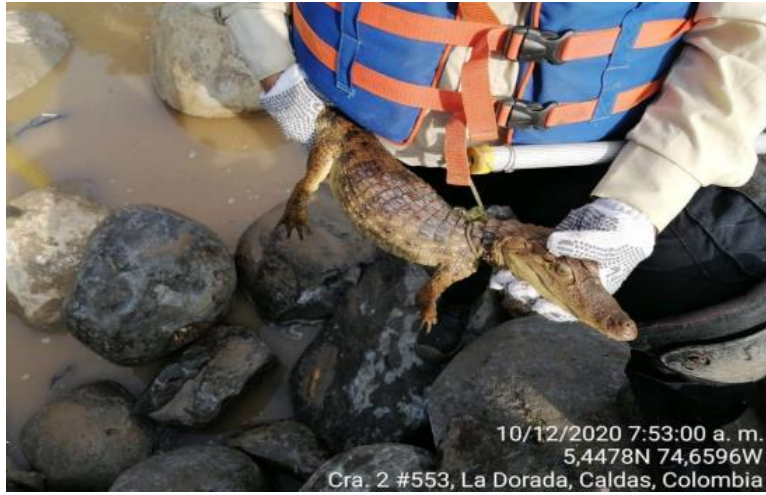


Imagen 82. Babilla- Caimán crocodilus Rescatado.



Imagen 83. Panales de abejas (*Apis mellifera*) rescatados y reubicados.



Imagen 84. Captura Iguana Verde.

La Fauna rescatada durante el desarrollo del proyecto fue reubicada principalmente en áreas de conservación y de importancia ambiental para el municipio de AL Dorada, estos lugares fueron determinados por la corporación ambiental CORPOCALDAS, la división de medio ambiente de la secretaria de planeación de La Dorada Caldas y por el supervisor de obra por parte de la Gobernación de Caldas, en donde se reubicaron diecisiete (17) panales de abejas, un (1) enjambre de avispas, ciento cuatro (104) iguanas verdes y dos (2) babillas.



Imagen 85. Resumen especies protegidas y reubicadas para su conservación durante el avance del proyecto de mitigación de erosión de socavación. Fuente: Elaboración propia- Gobernación – INGECON.



Imagen 86. Iguanas Verdes, madrigueras en el enrocado.

En los sectores donde ya se había culminado el trabajo de emplazamiento de las rocas, se logró observar que estos lugares volvieron a ser habitados por las especies que siempre han permanecido en el sector, como es el caso de la Iguana Verde, en donde se evidenció varias crías a través del enrocado.

Componente Seguridad y Salud en el trabajo.

Durante la ejecución de la obra se cuenta con un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirigido a los colaboradores de obra, visitantes o terceros, con el fin de brindar un ambiente de trabajo seguro a través de la identificación, prevención y control de riesgos que puedan afectar la salud y la seguridad de las personas.

- Charlas y capacitaciones.
- Inspecciones de seguridad e identificación de peligros
- Cumplimiento en reuniones con el comité de Copasst y CCL (Comité de convivencia laboral).
- El personal se encuentra afiliado al sistema de seguridad social

- Se cumple con la entrega de elementos de protección personal y bioseguridad.
- Los campamentos se encuentran señalizados y equipados con elementos de atención de emergencias.



Imagen 87. Charlas de salud ocupacional antes de comenzar las actividades laborales. Fuente: Elaboración propia-Gobernación de Caldas.

Se realizan pruebas de alcoholemia con el fin de asegurar la integridad de nuestros trabajadores, Se establecen las medidas de bioseguridad que se implementan en oficinas y frente de obra; Las cuales se llevan a cabo durante el ingreso del personal, la permanencia durante la jornada laboral y a la hora de salida cuando se dirigen a sus viviendas, para el control del contagio del COVID-19.

Toma de temperaturas al personal.



Desinfección corporal y de manos.



Desinfección de equipos y áreas de trabajo.



Componente Social.

Busca establecer estrategias de participación ciudadana las áreas de influencia donde se realiza el proyecto creando estrategias para generar confianza y ayuda mutua con las instituciones y comunidad. La gestión social se proyecta en atender la integralidad de los impactos en la ejecución de las obra, implementando programas sociales que establezcan canales claros de comunicación, conciliación y concertación compartida por todos los actores sociales.

Desde el área social se realiza el proceso de levantamiento de actas de vecindad en compañía del área técnica, en el que nos permite identificar y observar las condiciones estructurales de las viviendas que se encuentran dentro de la zona de influencia del proyecto. Se han realizado 22 Actas de vecindad, antes del inicio del proyecto, durante la ejecución y otras por solicitud de la comunidad entre los barrios Bucamba, Conejo y Centro.

Loa anterior con el fin de identificar los asentamientos irregulares que se encuentran en el área de construcción del enrocado y de esta manera caracterizarlos con fines de reubicación y acceso a viviendas de interés social otorgadas por el departamento y la administración municipal.



Imagen 88. Socialización técnica de las generalidades del proyecto de la construcción de la obra de mitigación Rip-Rap. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 89. Recorrido de campo sobre el área de construcción del enrocado, aclaración de inquietudes a los integrantes de las veedurías ciudadanas. Fuente: Elaboración propia.

Procesos de control y seguimiento a Obra.

Comités de seguimiento de obra.

Se realiza a través de Comités de Seguimiento de Obra CSO están conformados por los representantes de las instituciones, veedurías y juntas de acción comunal que se encuentran en la zona de influencia del proyecto. El objetivo de estos comités es ejercer el

control ciudadano a los proyectos, divulgar información acerca de los mismos, identificar y recoger las inquietudes de la comunidad promover alternativas de solución y fortalecer la participación de la comunidad en el desarrollo del proyecto y en su sostenibilidad.

1. Se realiza levantamiento topo-batimétrico inicial (secciones cada 20 mts)



Imagen 90. Proceso de Control, topográfico, Calculo de volúmenes de roca. Fuente: Elaboración propia – INGECON.

2. Como control de la obra se realizan levantamiento topográfico diarios chequeando que el enrocado se encuentre dentro de las líneas de diseño.
3. Se recopilan los datos que arroja el levantamiento topo-batimétrico, se procesan y se generan secciones transversales cada 20 mts.



Imagen 91. Visitas de seguimiento e inspección de campo en compañía del contratista de obra, interventoría, supervisores de obra y veedurías ciudadanas. Fuente: Elaboración propia.

4. Con ayuda de Autocad se determinan las áreas transversales y volúmenes cada 20 mts.

1+035

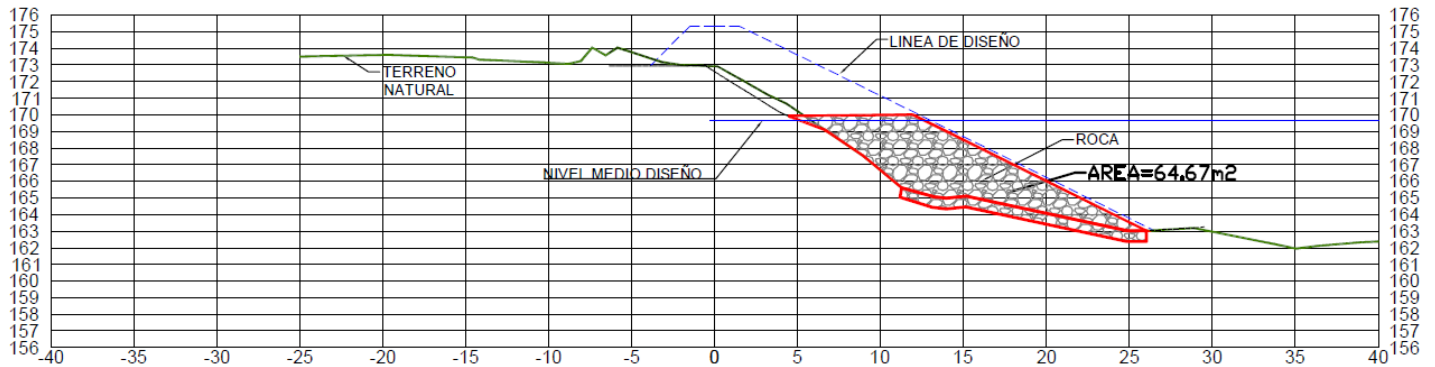


Imagen 92. Sección transversal ABS k1+035. Fuente: Gobernación de Caldas – Contratista.

5. El resultado de este cálculo se cruza con el control de material dispuesto en la obra (viajes de volquetas) de esta manera se determina el porcentaje de asentamiento.
6. Para control de material transportado (roca) se llevan registros diarios (formatos) de: placa, cubicaje y número de viajes de cada volqueta diario



Imagen 93. Recorrido de campo y verificación de avances de los Comités de Seguimiento de Obra (CSO) integrado por Interventoría, contratista, supervisores. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Calculo de volumen de la roca dispuesta a través del método de perfiles y cubicaje cada 20 metros.
Fuente: Elaboración propia -INGECON.

CALCULO VOLUMEN K0+200 AL K0+600				
ABSCISA	DISTANCIA	LLENO		LLENO ACUMULADO
		AREA	VOL	VOLUMEN
200		34.75		
	20.00		883.92	883.92
220		53.64		
	20.00		1159.80	2043.72
240		62.34		
	20.00		1080.24	3123.96
260		45.68		
	20.00		1067.64	4191.60
280		61.08		
	20.00		1275.84	5467.44
300		66.50		
	20.00		1799.16	7266.60
320		113.41		
	20.00		1978.08	9244.68
340		84.40		
	20.00		1760.76	11005.44
360		91.68		
	20.00		1899.56	12905.00
380		98.28		
	20.00		1896.16	14801.16
400		91.34		
	20.00		1369.76	16170.92
420		45.64		
	20.00		1320.60	17491.52
440		86.42		
	20.00		1479.44	18970.96
460		61.52		
	20.00		1538.24	20509.20
480		92.30		
	20.00		1837.20	22346.40
500		91.42		
	20.00		2255.20	24601.60
520		134.10		
	20.00		1877.12	26478.72
540		53.61		
	20.00		1306.12	27784.84
560		77.00		
	20.00		1753.68	29538.52
580		98.36		
	20.00		2158.72	31697.24
600		117.51		

CALCULO VOLUMEN K0+620 AL K1+040				
ABSCISA	DISTANCIA	LLENO		LLENO ACUMULADO
		AREA	VOL	VOLUMEN
	20.00		2263.72	33960.96
620		108.86		
	20.00		2259.44	36220.40
640		117.08		
	20.00		2185.60	38406.00
660		101.48		
	20.00		1998.16	40404.16
680		98.34		
	20.00		2005.88	42410.04
700		102.25		
	20.00		1629.96	44040.00
720		60.74		
	20.00		1191.96	45231.96
740		58.45		
	20.00		1121.76	46353.72
760		53.72		
	20.00		1173.72	47527.44
780		63.85		
	20.00		1762.20	49289.64
800		112.57		
	20.00		2078.64	51368.28
820		95.29		
	20.00		1693.56	53061.84
840		74.06		
	20.00		1740.36	54802.20
860		99.97		
	20.00		1743.12	56545.32
880		74.34		
	20.00		1436.76	57982.08
900		69.34		
	20.00		1176.72	59158.80
920		48.34		
	20.00		1063.44	60222.24
940		58.01		
	20.00		1220.76	61443.00
960		64.07		
	20.00		1352.40	62795.40
980		71.17		
	20.00		1297.08	64092.48
1000		58.54		
	20.00		970.76	65063.24
1020		38.54		
	15.00		774.08	65837.32
1035		64.67		
	0.00		0.00	65837.32
		VOLUMEN (m3)		65837.32

12.8.5 Plano final del área de construcción del enrocado

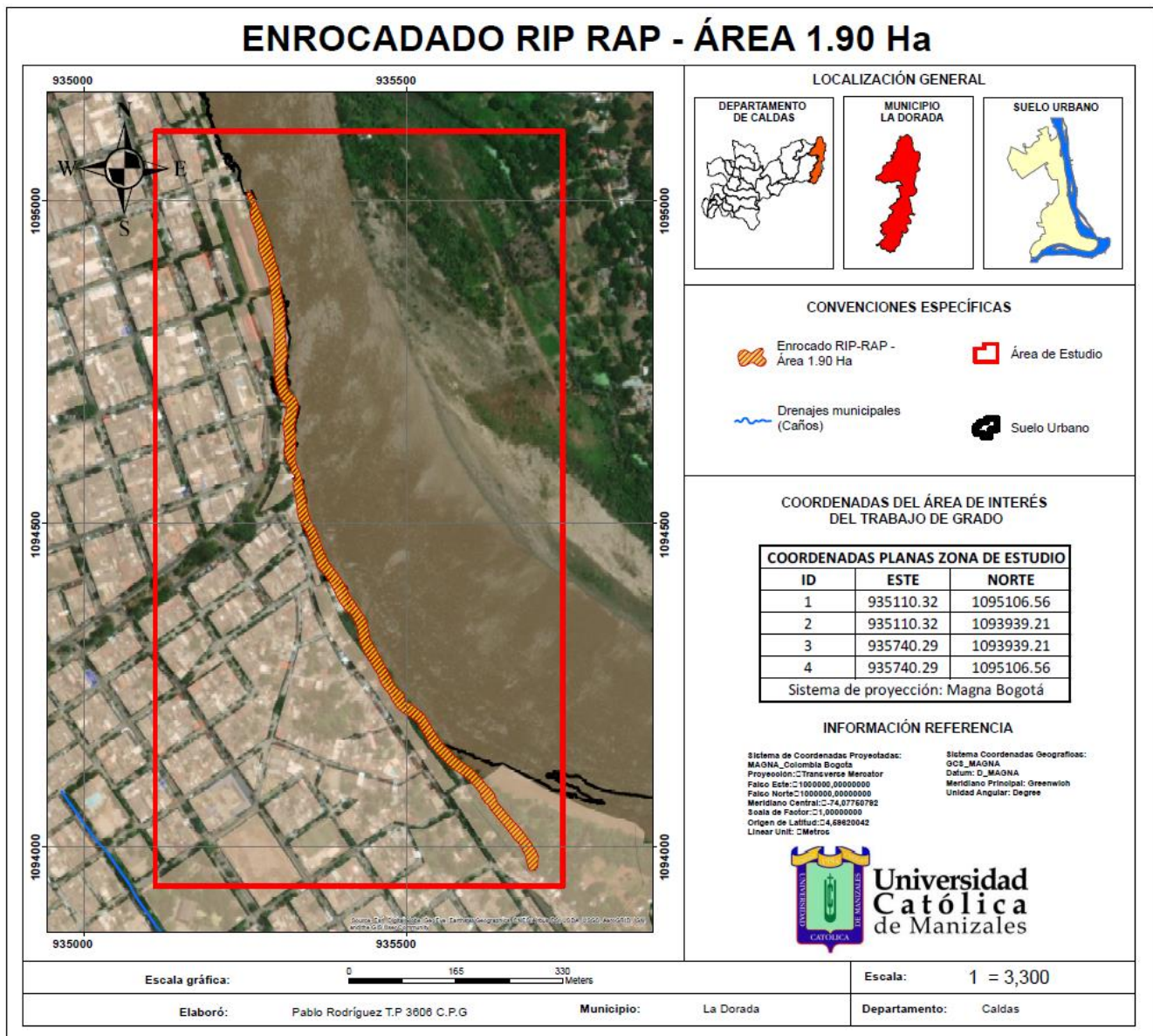


Imagen 94. Área del enrocado final construido en la margen izquierda aguas abajo del casco urbano del municipio de La Dorada. Fuente: Elaboración propia.

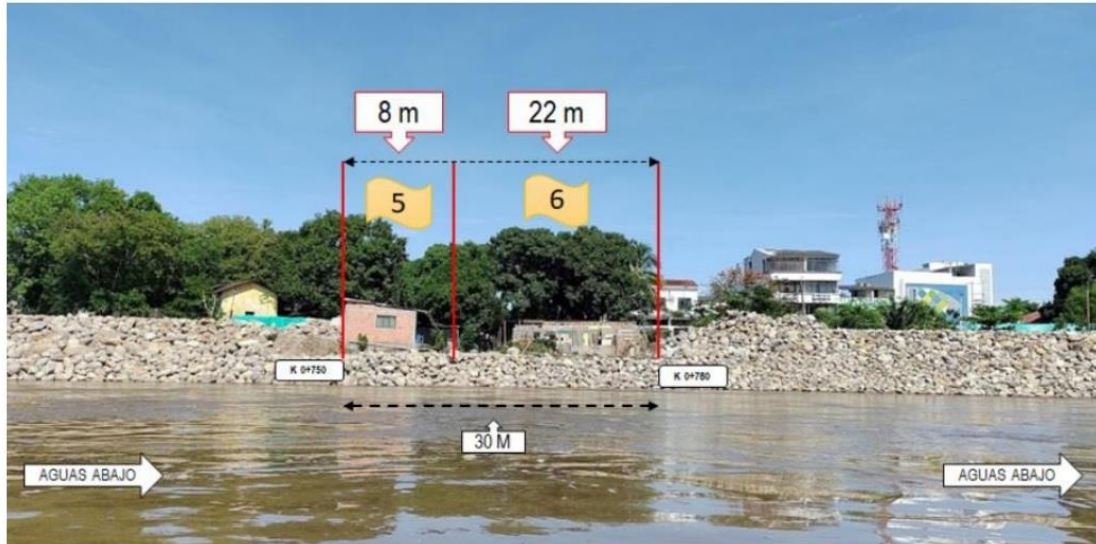


Imagen 95. Tramo que se encuentra pendiente por terminar en el marco del contrato de obra. Fuente: Elaboración propia-Contratista- Gobernación de Caldas.

A la fecha de elaboración del presente trabajo de grado, se encuentra pendiente por construir un tramo de 30 metros lineales, toda vez que la obra se encuentra suspendida por que La Empresa Empocaldas, entregó los estudios y diseños hidráulicos del sistema de alcantarillado correspondiente a la zona de influencia, con sus respectivos ajustes técnicos. En la actualidad se encuentra en revisión por parte del equipo técnico de la Secretaría de Planeación del Departamento, para así dar aprobación y viabilidad a los estudios, y continuar con el normal desarrollo y ejecución del proyecto, esta obra se reactivará el día 02 de diciembre de 2021 con el fin de dar termino a la misma.



Imagen 96. Panorámica del estado actual de la obra de construcción del Rip Rap. Fuente: Elaboración propia.

Superposición Suelo Perdido en 81 años - Obra construcción Rip-Rap.

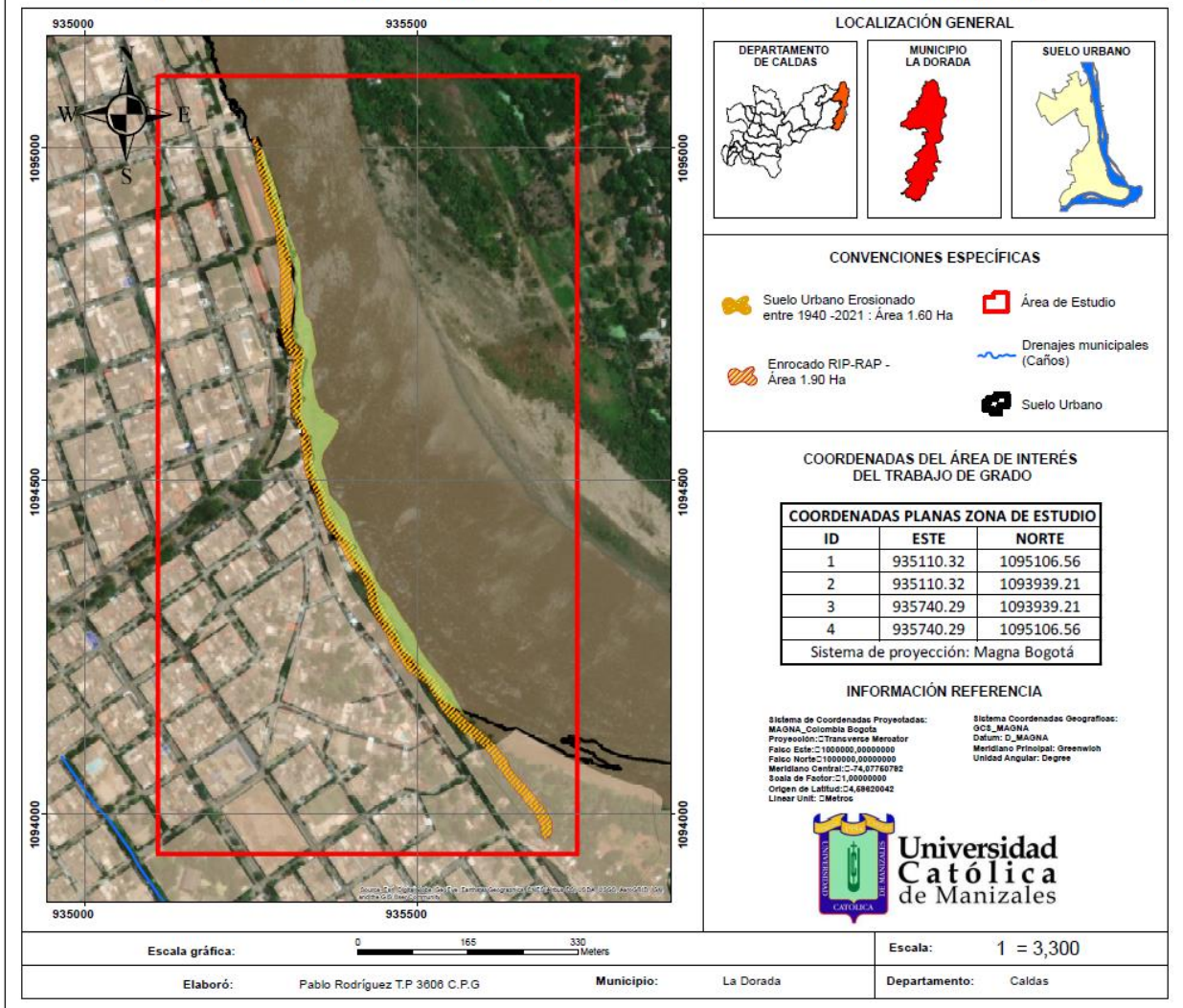


Imagen 97. Superposición de capas temáticas relacionadas a la pérdida de suelo en 81 años en el área y área construcción del Rip Rap. Fuente: Elaboración propia.

A través de los planos elaborados con las herramientas de información geográfica ArcMap – ArcGis, se realizó superposición de las capas temáticas correspondientes al suelo urbano erosionado y socavado durante el periodo comprendido entre 1940 y 2021, con la capa de lo que finalmente corresponde a la construcción del Rip-Rap, se logró determinar que entre ellas hay lugares donde existe una superposición especialmente en el área correspondiente al barrio El Conejo, lo que permite determinar que finalmente existe una recuperación del suelo perdido por socavación y una protección a la orilla en sus límites actuales del casco urbano.

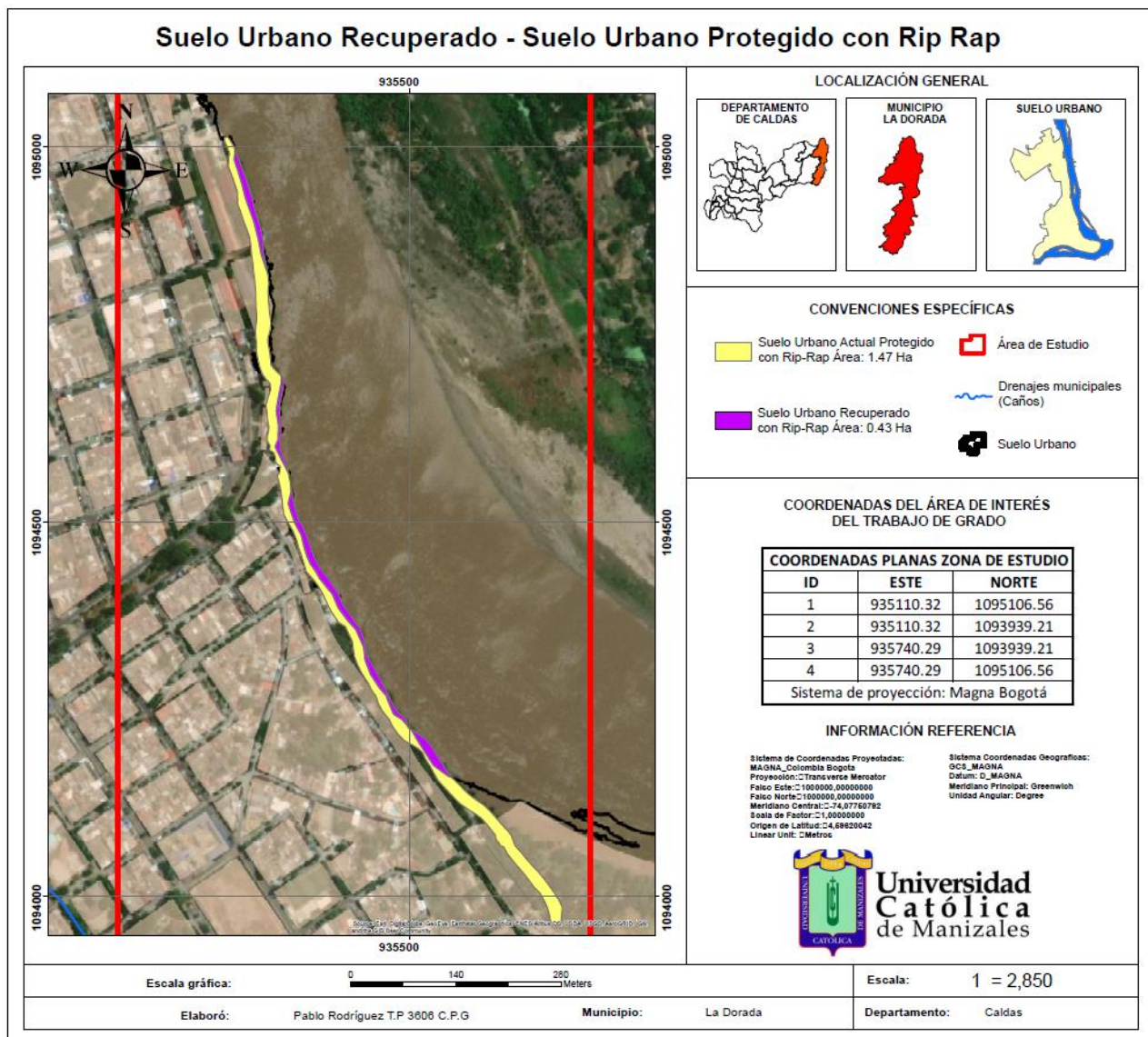


Imagen 98. Suelo Urbano recuperado con la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación.
Fuente: Elaboración propia.

Con la construcción de 1.90 hectáreas del enrocado o Rip-Rap se logró recuperar 0.43 hectáreas de suelo que había sido erosionado dentro de la ventana de tiempo de 81 años entre 1940 y 2021, el área restante del enrocado, los 1.47 hectáreas fueron dispuestos sobre el límite entre el suelo urbano y la lámina de agua del río Magdalena, protegiendo y mitigando los procesos naturales de socavación y erosión de la ribera; estas obras son de gran importancia con el fin de detener el avance progresivo de la pérdida de cobertura relacionada al casco urbano del municipio de La Dorada que se ha evidenciado a través de los análisis de fotointerpretación para la ventana de tiempo.

12.9 Relación con los objetivos de desarrollo sostenible.

Los Objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030; para el desarrollo del presente trabajo de grado se identificaron seis (6) principales objetivos de desarrollo a los que le apunta la construcción de la obra para la mitigación integral de riesgos de socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio de La Dorada.

ODS en el marco de la construcción de la “Obra de Mitigación”.

- ODS # 3: Salud y Bienestar.
- ODS # 8: Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS # 9: Industria, Innovación e infraestructura.
- ODS # 10: Reducción de las desigualdades.
- ODS # 11: Ciudades y Comunidades sostenibles.
- ODS # 13: Acción por el Clima.



Imagen 99. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Fuente: Página Oficial Naciones Unidas <https://www.un.org/>

ODS # 3 : La Construcción de la obra de mitigación , ha desarrollado en el área de influencia directa del proyecto, el incremento de una vida sana, promoviendo el bienestar de toda la comunidad, no solo del municipio si no de la región del magdalena medio; se conoce que asegurar condiciones de vida sana para toda las edades de la población, es una tarea ardua para las administraciones municipales y departamentales, pero los beneficios compensan los costos de inversión, toda vez que las comunidades sanas, satisfechas y con buenas condiciones de vida, son la base para el desarrollo económico en donde se promueva el mejoramiento del entorno a través de prácticas como el deporte y el turismo.



Imagen 100. Infraestructuras que aportan al desarrollo social, creando zonas de esparcimiento, mejorando las condiciones de vida de la comunidad.

ODS # 8: Obras que constituyen al desarrollo económico y social, las cuales aportan a generar nuevas fuentes de empleo que permitan erradicar la pobreza, estas infraestructura cambia el panorama y las condiciones de vida de la comunidad ribereña apoyando de manera directa las actividades productivas, la creación de nuevos puestos de trabajo formales, el emprendimiento, la creatividad y la innovación fomentando el crecimiento de las micro y medianas empresa, aumentando los niveles de productividad económica mediante la diversificación de servicios.

ODS # 9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

Desarrollar y realizar inversiones en infraestructuras con impacto social, ambiental, mitigación del riesgo, que aporte al desarrollo económico de una región y al bienestar social son fundamentales para lograr un desarrollo sostenible, estas pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos. Estas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías, facilitar el desarrollo del comercio regional, permitiendo el uso eficiente de los recursos, aumentando significativamente las ofertas de industria y de empleo, permitiendo a las comunidades acceder a los servicios financieros, incluidos créditos asequibles, y su integración en las cadenas de valor y los mercados.



Imagen 101. Panorámica de la construcción del enrocado, Cumplimiento al Objetivo de desarrollo sostenible # 9. Como infraestructura fundamental para lograr desarrollo sostenible en la región del magdalena medio. Fuente: Elaboración Propia.

Estas inversiones y darle la “cara al río magdalena” así como atender las amenazas por fenómenos naturales identificados, permiten modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, logrando que muchas viviendas y establecimientos del sector mejoren sus

condiciones estructuras civiles, realizando reforzamientos, modernización de las fachadas y embellecimiento al sector.



Imagen 102. Evidencia en los cambios del uso del suelo en el área de influencia de la construcción del enrocado. Izq. Construcción de discoteca, Der Construcción de una “Fonda”.

ODS # 10: REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES

La generación de empleo a través de las nuevas oportunidades que el desarrollo de la obra ha inducido en el sector, disminuye la brecha de desigualdad entre la población y mejora la calidad de vida, esto garantiza lograr progresivamente y mantener el crecimiento de los ingresos de las familias del área de influencia del enrocado, Garantiza la igualdad de oportunidades y reduce la desigualdad, incluso permite generar leyes, normativas para el uso

adecuado del suelo y las normas de convivencia entre los establecimientos que se están generando en el sector.



Imagen 103. Mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad del sector, creación de oportunidades de negocio y nuevas fuentes de empleo e ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 104. Mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad del sector, creación de oportunidades de negocio y nuevas fuentes de empleo e ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las viviendas que fueron objeto de demolición se encontraban sobre la faja de protección forestal del río Magdalena, se generaba alteración al uso de conservación y protección de riveras, además se encontraban vulnerables y expuestos a procesos de inundación, a la derecha se observa las viviendas a las cuales fueron reubicados la comunidad que se asentaba sobre el área de influencia de la obra de mitigación, las nuevas casas se

encuentran en zona donde las amenazas por fenómenos naturales son mínimos, se encuentran en zonas topográficamente planas y distantes de cuerpos de agua, además cuentan con mejores condiciones de vida toda vez que cuentan con suministro de servicios públicos, como agua, luz gas domiciliario entre otros.



Imagen 105. Izq. Viviendas demolidas, Der. Viviendas reubicadas.

ODS # 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Las inversiones en infraestructura son cruciales para lograr el desarrollo sostenible. asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales, sin duda con la construcción de la obra de mitigación y la proyección de ordenamiento territorial que se le dando al uso del suelo al sector de influencia directa de la obra, el cambio en lo que se conocía como barrios marginales donde las propiedades tenían un valor económico bajo, hoy en día estos mismos predios incrementaron sus valores hasta siete veces más su precio inicial, predios que tenían valores promedios de 30 millones hoy se comercializan hasta por 210 millones; por otro lado la construcción de esta obra ha creado la necesidad inmediata que se realicen los diseños del sistema de alcantarillado a través de un colector sobre la carrera segunda que conduzcan las aguas hacia la planta elevadora del caño “Lavapatás” creando de esta manera servicios básicos adecuados asegurando el crecimiento organizacional de los municipios y el desarrollo de comunidades sostenibles; la formulación de la segunda etapa lo que será la construcción del malecón sobre la obra de mitigación, aumentará la urbanización inclusiva y sostenible y la

capacidad para la planificación y la gestión participativa, integradas, sostenibles y de aprovechamiento lúdico y familiar para la población del municipio de La Dorada Caldas. de los asentamientos humanos

Dentro del objetivo de desarrollo sostenible de ciudades y comunidades sostenibles está la de aunar esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo, es por esto que durante los diseños del malecón que se están elaborando se han realizado mesas de trabajo con el Ministerio de Cultura con el fin llegar a acuerdos que permitan diseñar armoniosa y respetando las limitantes de las obras a realizar alrededor de la estación del tren “La María”.



Imagen 106. Estación del tren "La María" patrimonio cultural de La Dorada Caldas. Fuente: Elaboración propia.

ODS # 13: ACCIÓN POR EL CLIMA

El cambio climático es un reto global que no respeta las fronteras nacionales, con los rediseños de la obra de mitigación del riesgo por socavación, también se busca fortalecer la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados a la inundación el cual está estrechamente relacionado con el cambio climático.



Imagen 107. Panorámica construcción del enrocado - Rip Rap. Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente la obra fue diseñada con el fin de realizar mitigación a la erosión por socavación, los rediseños se realizaron teniendo en cuenta una cota máxima de inundación en el municipio de La Dorada y creando de esta forma un dique que finalmente pueda ser constituida como una obra con el fin de prevenir inundaciones en el área de influencia del Rip –Rap producto del cambio climático, al cual debemos prepararnos en temas de inundaciones en la región del Magdalena medio, específicamente para este caso de estudio en el municipio de La Dorada.

12.10 Nuevos usos del suelo con la construcción del Rip Rap.

Con la construcción del enrocado, el sector del barrio El Conejo se ha beneficiado con la valoración de sus predios y el uso de los mismos, hoy en día las viviendas que habitualmente eran de las familias de pescadores, que lastimosamente se encontraban en condiciones de infraestructura degradadas, hoy en día son empleadas y algunas reestructuradas para fines comerciales, como lo es la adecuación de espacio como bares, fondas, discotecas, restaurantes, ventas de accesorios y ropa.



Imagen 108. Adecuación de viviendas domesticas para la venta de accesorios y bebidas alcoholicas. Fuente: Elaboración propia.

Se deberá actualizar la información de amenaza y riesgo en el corto plazo y ser incorporado dentro del PBOT; esta actualización deberá contar con los estudios técnicos específicos y ser aprobados y avalados por las autoridades y/o instituciones competentes, de tal manera que podrán ser incorporados dentro del PBOT sin tener que realizarse una nueva revisión.



Imagen 109. Adecuación de viviendas con fines comerciales, venta de licores. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 110. Restaurante tradicional sobre el margen del río Magdalena, apropiación social de las obras. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado satisfactorio y cambio en las condiciones de vida del sector, se evidencia que los vecinos tienen un sentido de pertenencia con las obras realizadas, entre ellos buscan los recursos con el fin de realizar obras de embellecimiento como lo es la actividad de pintar las rocas, esto genera un sentido de pertenencia y apropiación de las obras, hoy en día a través de estas obras de mitigación se le está dando el frente al río Magdalena como propósito a la reactivación económica.

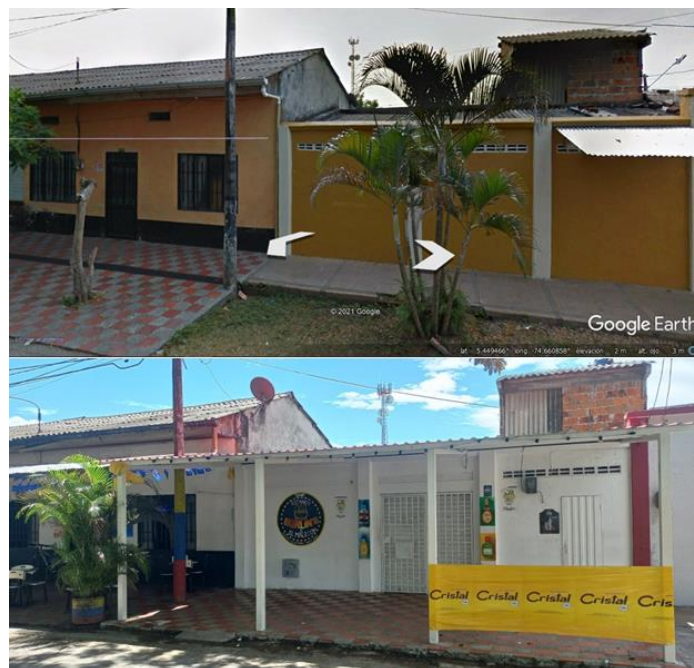


Imagen 111. Evidencia cambios en el uso del suelo. Fuente Elaboración propia.

En la imagen superior podemos observar predios que anteriormente correspondían a viviendas que se encuentran al frente de lo que hoy en día es el enrocado, en este momento son empleadas como establecimientos públicos como bares y venta de licores.



Imagen 112. Evidencia cambios en el uso del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Es tan notorio el cambio de la actividad económica en el sector y la proyección que se tiene, que viviendas han sido adecuadas y se encuentran en procesos de fortalecimiento estructural para la construcción de hoteles en el sector, Frente a esta constatación se requiere una reevaluación del plan ordenamiento territorial del municipio (POT) con el fin de tomar decisiones sobre estas construcciones.

12.11 Estructuración y Diseños Proyecto Malecón.

La Secretaría de Desarrollo, Empleo e Innovación, tiene como misión contribuir al desarrollo económico y social del Departamento, a través de la orientación, coordinación, promoción, control y ejecución de las políticas nacionales y departamentales, relacionadas con los sectores de la micro, pequeña y mediana empresa, artesanía, industria, turismo, comercio, servicios, generación de empleo y minas; dentro de los ejes de productividad y competitividad, fortalecimiento institucional y desarrollo tecnológico, con el propósito de elevar la calidad de vida de la población caldense con visión exportadora.



Imagen 113. Proyección de los componentes arquitectónicos que harán parte del Malecón de LA Dorada.
Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada.

Es por lo anterior que se suscribió Convenio entre la Gobernación de Caldas y el municipio de La Dorada con el fin de “Aunar Esfuerzos técnicos administrativos y financieros, para la realización de estudios, diseños de llenos y diseños urbanísticos de 1.2 Km de Malecón sobre la margen izquierda del río Magdalena en el municipio de La Dorada”, con una duración desde 25 agosto de 2021 al 31 de diciembre de 2021 por un valor de \$ 489.910.421, con un área de intervención de 49412.61 metros cuadrados y una distancia entre sus extremos de 1.2 Km. El componente urbanístico contará con:

- Ciclo ruta de inicio a fin
- Arborización
- Zonas verdes
- Zonas de estancia.
- Parqueaderos
- Zonas infantiles
- Elementos Icónicos
- Espacio Culturales.



Imagen 114. Equipo técnico formulador de estudios y diseños del Malecón. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada.

El Plan de Desarrollo Departamental 2020 – 2023 “Unidos es Posible” tiene como objetivo principal, consolidar un gobierno incluyente, serio y transparente, con un sentido social que brinde oportunidades de desarrollo y crecimiento para los caldenses y que haga del departamento una región foco de prosperidad y confianza.

La Gobernación de Caldas, con el propósito de avanzar frente a las iniciativas de promoción de turismo sostenible en el Departamento, en la actualidad se encuentra ejecutando un contrato de obra cuyo objeto es Construcción de Obra para Mitigación Integral de Riesgos de Socavación en la ribera Occidental del Río Magdalena en el Municipio de La Dorada del Departamento de Caldas. Para culminar el proyecto en su totalidad, se hace necesario ejecutar unas actividades en los llenos y en el rediseño urbanístico, que van encaminadas a completar el mismo, y que están enfocadas en la realización de unos estudios y diseños que permitan tener los insumos necesarios para darle continuidad al proyecto de manera satisfactoria.

La estructuración de estos estudios y diseños se hacen fundamentales, toda vez que el diseño inicial de la obra de protección sufrió dos modificaciones necesarias, una en el amarre topográfico y la otra en una cota; lo cual dejo en evidencia la necesidad de realizar unos

rellenos en el trasdós del enrocado, y así restituir el nivel original de la zona ribereña para ubicar sobre éste el futuro malecón, un poco por encima de la cota de inundación, y así procurar no someter el Municipio a posibles inundaciones como las ya sucedidas.



Imagen 115. Recorrido de campo del equipo técnico de estructuración y diseños del malecón. Fuente: Elaboración Propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada.

De manera adicional, se requiere realizar un rediseño urbanístico bajo el entendido que es necesario desarrollar un proyecto en sinergia con la comunidad de la Dorada – Caldas y la Administración Municipal, pues es la comunidad quien conocen de primera mano las necesidades del Municipio, su visión a futuro y carácter del espacio a intervenir; se debe realizar una zonificación y el programa de vinculación con la comunidad, se deben socializar con la misma, buscando una apropiación del proyecto y una retroalimentación entre las partes, dentro de los parámetros legales, que permitan desarrollar las actividades lúdicas, culturales, deportivas etc, que puedan ejecutarse allí, teniendo en cuenta que las actividades sean compatibles con las normativas que rigen la ribera del río. Para la Administración Departamental, Administración del Municipio de La Dorada y la comunidad Doradense, es de vital importancia tener espacios con diferentes atractivos culturales, lúdicos deportivos y culturales, que permitan promover el desarrollo turístico sostenible.

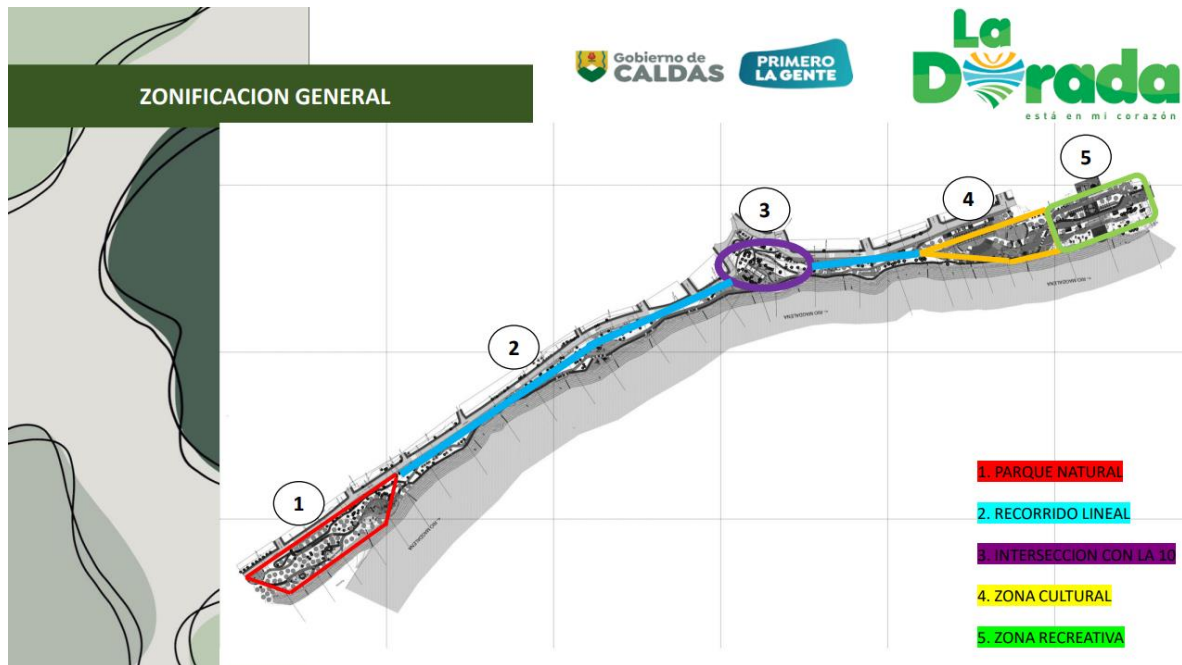


Imagen 116. Zonificación general de la obra de Malecón. Fuente: Gobernación de Caldas.

Para avanzar satisfactoriamente se están realizando actividades tendientes a minimizar los riesgos de inundación y socavación de la ribera del río Magdalena. De manera posterior es fundamental continuar con la etapa de llenos la cual se encuentra compuesta por varios estudios como son los topográficos, de suelos, entre otros; además de un rediseño urbanístico. En este orden de ideas, el Departamento de Caldas ha decidido unir esfuerzos con el Municipio de La Dorada, dando alcance a lo establecido en el Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023.

ENTREGABLES:

1. Estudios y diseños de los llenos, realizando la verificación de estabilidad para condiciones estáticas y dinámicas en los lados de tierra y lado agua de la obra de protección (enrocado) teniendo presentes los usos posteriores del lleno para evaluar las sobrecargas, asentamientos y compararlos con la capacidad del suelo natural.

2. Presentar los registros de perforación, muestreo en cajas, ensayos de laboratorio, informe de refracción sísmica y registro fotográfico amplio de las actividades desarrolladas en campo.

3. Presentar el levantamiento topográfico de la zona en estudio, con el respectivo informe y anexos (georreferenciación, carteras topográficas, planos, certificados de calibración de equipos, entre otras).

4. Estudios y diseños urbanísticos, de acuerdo con las especificaciones técnicas y normatividad técnico vigente.

5. Diseños Arquitectónicos

6. Diseño estructural

7. Diseños hidráulicos,

8. Diseños eléctricos,

9. Se entregará el Presupuesto de obra, especificaciones técnicas, programación de obra.

La supervisión del convenio por parte de la Gobernación de Caldas estará a cargo de Pablo Andrés Rodríguez Buitrago identificado con cédula de ciudadanía N° 1.075.221.588, Profesional Especializado Unidad de Desarrollo Minero de la Secretaria de Desarrollo, Empleo e Innovación, o quien haga sus veces, o quien designe la secretaria de Despacho. El supervisor velará por el cabal cumplimiento del objeto del convenio.

La Secretaría de Desarrollo, Empleo e Innovación de Caldas en compañía de la alcaldía La Dorada Está En Mi Corazón, la empresa de Renovación Urbana de La Dorada y

Magdalena Medio y el equipo estructurador de la Gobernación de Caldas, realizaron un recorrido por el área donde se proyecta construir el Malecón de La Dorada, con el fin de avanzar en la estructuración y diseños del mismo.



Imagen 117. Comité técnico equipo de estructuración y diseño malecón. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada.

Estos diseños se proyectan, atendiendo las sugerencias y recomendaciones recogidas por la comunidad en las diferentes socializaciones de la futura obra, que sin duda aportará al turismo y desarrollo económico de la región.



Imagen 118. Socialización de avance de diseños en la Gobernación de Caldas. Fuente: Elaboración propia - Gobernación de Caldas - Alcaldía La Dorada.

13. CONCLUSIONES

El tipo de infraestructura Rip-Rap, son relativamente de fácil construcción, aumentando el tiempo de respuesta a la problemática, es de fácil mantenimiento y debido a su porosidad, rugosidad y volumen, permite aumentar el soporte y estabilidad de la orilla, disminuyendo las velocidades del fondo del cauce y sus laminas superficiales, por tal motivo se ven contrarrestados y mitigados los procesos de socavación.

El tipo de obra empleada para la mitigación del riesgo de socavación en el municipio de La Dorada, es un gran ejemplo de como la Gestión del Riesgo puede aportar a la Gestión del ordenamiento territorial y al desarrollo económico y turístico de una región.

A los predios ubicados en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, debe contar con una zonificación y una destinación del uso del suelo con una visión integral de ciudad, la cual haga parte de una estructura urbana que proteja la misma obra y que aporte a la gestión del desarrollo social, previniendo que se revierta las condiciones de riesgo por socavación.

Con la construcción de la obra de mitigación de riesgo de socavación, se disminuyó la vulnerabilidad y exposición a la capacidad erosiva del río Magdalena sobre el margen izquierda aguas abajo del municipio de La Dorada desde el sector del barrio “Bucamba” hasta el sector del puerto de las lanchas.

En la ventana de tiempo evaluada correspondiente a 81 años entre los años 1940 y 2021, se evidenció a través de análisis de fotointerpretación que el río Magdalena erosiono lo correspondiente a la carrera primera y a las bodegas del ferrocarril que se encontraban entre el sector del Barrio “Bucamba” hasta la carrera decima.

De acuerdo a los análisis de cambio en la cobertura y pérdida de suelo del casco urbano en el municipio de La Dorada, en el área de estudio, se determina que en promedio la mayor parte donde se ha erosionado corresponde a la parte media (Barrio Conejo) de la zona de estudio con un promedio de 50 metros de retroceso, seguida de la parte Norte correspondiente al barrio Centro donde hay una pérdida de suelo con un avance de 31 metros por último hacia la parte sur del área de estudio una pérdida de 27 metros lineales en pérdida de suelo.

La longitud total del enrocado es de 1.2 Km, desde el sur se localiza en la desembocadura del caño de las aguas residuales del sector de Bucamba hasta el denominado puerto de las lanchas, cuenta con un área de 1.9 hectáreas.

El área total de pérdida de suelo en el casco urbano de la Dorada Caldas en el área de estudio para una ventana de tiempo de 81 años comprendida entre los años 1940 a 2021 es de 1.6 hectáreas.

La disposición de roca durante la construcción del Rip Rap sobre las áreas con pérdida de suelo y retroceso de la margen de la ribera del río Magdalena, es de 0.43 hectáreas, lo que corresponde al 22.63% del total del área del enrocado.

De las 1.6 hectáreas de suelo perdido durante la ventana de tiempo de 81 años desde 1940 hasta 2021, se logró recuperar con la obra de mitigación el 26.87% suelo perdido por los agentes erosivos, esta recuperación del suelo se concentra en la zona media del área de estudio correspondiente al barrio “Conejo” lugar donde históricamente se ha perdido la mayor área de suelo urbano y fajas de protección ambiental del río Magdalena.

El no haber realizado la construcción de obras de mitigación de riesgo de socavación, produciría que se siga socavando la ribera, debido a la dinámica fluvial característica del

estado de madurez del río grande de la Magdalena en la región (meándrico), así como de las características geomorfológicas y geológicas del área de estudio.

Con la construcción de la obra de mitigación de socavación, se generó en el sector una apropiación y sentido de pertenencia por el cuidado del medio ambiente y por la disposición de los RCD (residuos de construcción y demolición) del municipio, toda vez que antes de la construcción, la mayoría de la población disponía sus residuos directamente al río Magdalena.

Durante la elaboración de los rediseños del Rip-Rap para la anualidad 2020, se determinó que la cota oficial del IDEAM en su estación en Puerto Salgar está errada, debiendo estar 4.31 m por encima, es decir en la cota 176.48 m.s.n.m.

A la fecha se ha realizado la reubicación de doce (12) predios que han sido demolidos, las viviendas donde se han reubicado se encuentran en la urbanización Alameda y Urbanización Primavera, estas corresponden a viviendas de interés social construidas por el departamento y la alcaldía municipal, cuentan con sus respectivos servicios públicos y escrituras públicas.

Se avanza con la identificación de las viviendas que continúan en el proceso de reubicación, allí se tiene identificado veintisiete (27) núcleos familiares que serán reubicadas en la urbanización Primavera, de igual manera estas viviendas corresponden a urbanizaciones de interés social las cuales cuentan con sus servicios públicos, vías de acceso y se les otorgará las escrituras públicas de las mismas.

14. RECOMENDACIONES

Actualizar uso del suelo en el Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de La Dorada en el sector del área de influencia directa del proyecto de la obra de mitigación toda vez que la proyección de los establecimientos de zona rosa y turismo como bares, restaurantes, hoteles, zonas recreativas se está desarrollando hacia esta zona del casco urbano.

Realizar mantenimiento periódico al enrocado en relación a la limpieza al posible crecimiento de maleza, arbustos, especies arbóreas que puedan desestabilizar el enrocado con sus raíces en su proceso de crecimiento.

Realizar monitoreo permanente al comportamiento de la obra y su interacción con la dinámica fluvial del río Magdalena, que permita identificar posibles puntos de mantenimiento de la estructura del Rip-Rap a través de la disposición de mayor cantidad de roca en los puntos donde se requiera.

Culminar con el proceso de estructuración y diseños de la etapa de construcción del malecón, que permita tener el proyecto en fase tres para la presentación y adquisición de recursos para su materialización ante el Sistema General de Regalías.

Realizar proceso de estudios, diseños y presupuesto para la otra ribera del municipio de La Dorada comprendida entre los barrios de “Costales, Delicias, Liborio Corea, Las Villas y Renán Barco”, con el fin de proteger y mitigar el riesgo de socavación en la totalidad del casco urbano del municipio.

Realizar los rellenos respectivos en la zona posterior al lineamiento de la construcción del enrocado de tal manera que proporcione un refuerzo estructural al enrocado y con el fin de prevenir posibles estancamiento de aguas lluvias y genere problemas de salubridad.

Realizar los estudios y diseños del plan de saneamiento básico y red de alcantarillado que permita la separación de sus aguas residuales de las aguas escurrientías, así como la construcción de un colector paralelo al río Magdalena que atienda o recoja los 19 descoles identificados a lo largo de la construcción de la obra de mitigación del riesgo de socavación.

Para los municipios ribereños a nivel nacional en la formulación, elaboración y/o actualización de sus EOT-PBOT y POT según corresponda, es necesario que se tengan en cuenta los estudios hidrogeológicos con las posibles afectaciones que puedan tener en sus territorios en sus evoluciones geomorfológicas, que permitan darle un adecuado uso del suelo.

Reiterar comunicado al IDEAM que la cota oficial del en su estación en Puerto Salgar está errada, debiendo estar 4.31 m por encima, es decir en la cota 176.48 m.s.n.m.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, F. M. (2003). IDEAM. Obtenido de EROSION FLUVIAL RELACIONADA A LA EVOLUCION HISTORICA DEL MEANDRO CURVA EL CONEJO EN EL MUNICIPIO DE LA DORADA CALDAS - COLOMBIA: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019670/Paginas/21.htm>.

Alvarado César, Protección de la erosión en curvas abruptas usando enrocado Rip-Rap.

ArcGIS Resources. (2019). ArcGIS Resources. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>

Ardila Leon , J. F., & Quintero Delgado , O. Y. (Febrero de 2013). Revistas Unimilitar . Obtenido de APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA INTERPRETACIÓN DE ZONAS INUNDABLES. CASO DE ESTUDIO: RÍO SOAPAGA, SECTOR PAZ DE RÍO, BOYACÁ: https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/223/1857?fbclid=IwAR3yUlkwgQHkPdQijIxmNsZxp3Kk1S7JIGg32Iu5Vh0169brfYPq_9ZYXmU

Barreto Luis, Hernández Antonio, Caracterización física, demográfica, socialy económica de los municipios ribereños de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, CORMAGDALENA 2013.

Castañeda, J. A., Osorio, H., & Mesa, F. (2018). Evolución y comportamiento del meandro “curva el conejo” del río magdalena en el sector de la Dorada Caldas. *Scientia et Technica* Año XXIII, 178 - 185. CENICAFE. (1988). Valores mensuales de lluvias de 29 estaciones pluviométricas de la cuenca del rio Magdalena Chinchiná.

Chang Philippe, Estudio de obras hidráulicas a orillas del río magdalena municipio de La Dorada. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Chow, Te, V., Maidment, D. R., Mays, L. W., Saldarriaga, J. G., & Santos, G. R. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogota: McGraw Hill Interamericana . CHUVIECO, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial* (Segunda ed.). Madrid: RIALP. CHUVIECO, E. (1996). *FUNDAMENTOS DE LA TELEDETECCION ESPACIAL*. Código Postal. (2018). Visor de código postal. Obtenido de <http://visor.codigopostal.gov.co/472/visor/#>

Gaspari, F. J. (2013). Revistas UNLP. Obtenido de Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina: <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476> GISGeography. (05 de Enero de 2019). GISGeography.com. Obtenido de <https://gisgeography.com/best-free-gis-data-sources-raster-vector/>

GUERRERO, P. (11 de Noviembre de 2011). La Guía. Obtenido de <https://geografia.laguia2000.com/general/meandro> IDEAM. (Diciembre de 2001).

IDEAM . Obtenido de Geomorfología y susceptibilidad a la inundación del valle fluvial del Magdalena:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018182/geomagdalena2.pdf>

López, J. A. (2015). ResearchGate. Obtenido de GEOMÁTICA EN EL ANÁLISIS DE LA DINÁMICA FLUVIAL DEL RÍO MAGDALENA EN EL TRAMO NEIVA – HONDA ENTRE 1974 Y 2011:
https://www.researchgate.net/publication/311705334_Geomatica_en_el_analisis_de_la_dinamica_fluvial_del_rio_magdalena_en_el_tramo_Neiva_-_Honda_entre_1974_y_2011 MELÉNDEZ, E. G. (2009).

Manual de Teledetección. Buenos Aires: AR: MSA. MORALES, A. F. (2015). ACADEMIA. Obtenido de http://www.academia.edu/17962876/GEOMORFOLOGIA_Y_DINAMICA_FLUVIAL MVOTMA. (2018). Ministerio De Vivienda, Ordenamiento Territorial Y Medio Ambiente. Obtenido de <http://www.mvotma.gub.uy/que-es-el-ordenamientoterritorial>

Muñoz H. María, ESTUDIO Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DE CAUCES. Pontificia Universidad Javeriana.

Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Obtenido de <https://www.eoi.es/es/file/18377/download?token=e0OxjHh3> Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. (2004).

Soto O. Juan, Escobar V. Jorge. UNA VÍA HACIA EL ENTENDIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL MEANDRO (CURVA EL CONEJO) DEL RIO MAGDALENA AL INTERIOR DEL CUAL SE HALLA UBICADA LA POBLACIÓN DE LA DORADA (CALDAS). Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.

Peña, Y. T. (Mayo de 2010). Revistas Unal. Obtenido de El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable?: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/16854/36692> Plan Básico De Ordenamiento Territorial. (2013). LA DORADA: UN PROYECTO COLECTIVO DE TERRITORIO. Obtenido de <http://tecnocomputo.co/almacen/Root/PBOT-LaDorada/DIAGNOSTICO/DOCUMENTO%20DIAGNOSTICO%20PBOT%20LA%20DORADA%202013-2027.pdf>

Plan de Gestión Ambiental Regional 2020-2031 Anexo XIII Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. CORPOCALDAS.

Yara Andrés, Franco Freddy, Corpocaldas, Boletín Ambiental 161, Instituto de Estudios Ambientales –IDEA-Sede Manizales Octubre de 2019.

Yara Andrés, Estudio hidráulico del meandro del río Magdalena, municipio de La Dorada Caldas, Universidad Nacional de Colombia 2019.

16. ANEXOS

16.1 Planos anexos.

16.1.1. Ubicación geográfica.

16.1.2. Plano Geológico.

16.1.3. Manzana área Influencia.

16.1.4. Barrios área Influencia.

16.1.5. Predios área Influencia.

16.1.6. Rip - Rap área Influencia.

16.1.7. Fotos aéreas IGAC.

16.1.8. Área Perdida Suelo.

16.1.9. Superposición Rip - Rap Suelo Perdido.

16.1.10. Área Recuperada Con Rip - Rap.