[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DIAGNOSTICO

SARAVENA, ARAUCA.
JUNIO DE 2026

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

DATOS DEL DOCUMENTO

Título del documento	CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA
Código del documento	Diagnostico
Revisión No.	1

Este Documento ha sido revisado y aprobado como se indica abajo. Las modificaciones realizadas se describen a continuación en el índice de modificaciones. Por favor destruir todas las revisiones previas.

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Revisión No.	Fecha	Sección modificada	Observaciones
1			

ELABORACIÓN

Elaboró	Nombre	JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
	Matrícula Profesional	25202-143899 CND
	Nombre	
	Matrícula Profesional	

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

TABLA DE CONTENIDOg

1. INTRODUCCIÓN 6
2. ASPECTOS GENERALES 8
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 8
2.2. OBJETIVO 10
2.2.1. Objetivos específicos 10
2.3. ALCANCE 11
2.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
2.5. JUSTIFICACIÓN 11
2.6. ANTECEDENTES 11
3. MARCO NORMATIVO APLICABLE 13
4. ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (SECTOR BARRANCONES) 13
4.1. Análisis Morfológico e Hidrodinámico del Río Banadías 13
4.2. Caracterización Geológica y Geotécnica del Sustrato 14
4.3. Amenaza por Inundación, Crecientes Súbitas y Dinámica Fluvial 14
4.4. Amenaza Geotécnica por Remoción en Masa, Inestabilidad de Bancas y Erosión Regresiva 15
4.5. Amenaza Tecnológica de Origen Antrópico por Pérdida de Conectividad e Infraestructura Especial 16
4.6. MODELACIÓN HIDRÁULICA CONDICIONES ACTUALES 17
4.7. OBRAS HIDRÁULICAS PROPUESTAS PARA MITIGAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN 23
4.7.1. MUROS RÍGIDOS 23
4.7.2. MUROS MASIVOS FLEXIBLES 24
4.7.3. MUROS DE TIERRA REFORZADA GEOBOLSAS 25
4.7.4. PANELES SUMERGIDOS 25

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

4.7.5. ESPOLONES 26

4.7.6. MATRIZ DE EVALUACION ALTERNATIVAS 26

4.8. OBRAS HIDRÁULICAS SELECCIONADAS 27

4.8.1. PROTECCIÓN DEL TALUD CON ENRROCADO y GEOBOLSAS 33

5. OBRAS DE PROTECCIÓN TALUD - Mantos Permanentes de Control de Erosión (TRM)35

6. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN 36

6.1. Socavación general 36

6.2. Método de Maza Cruickshank 38

7. CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES 39

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Localización del tramo en estudio 9
Tabla 4-1. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros rígidos 23
Tabla 4-2. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros flexibles 24
Tabla 4-3. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros de tierra reforzada 25
Tabla 4-4. Matriz de selección alternativas 27
Tabla 6.1 Distribución granulométrica promedio de la zona de evaluación 37

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización meandro de estudio con respecto a la Troncal Villagarzon - Saravena 7
Ilustración 2. Localización general, municipio de Saravena 9
Ilustración 3. Localización especifica de la zona de estudio 10

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han presentado procesos de erosión e inundación en las zonas aledañas del río Banadias en su paso por la vereda Barrancones por la laterización rio. Esto ha expuesto a la población a condiciones de riesgo que repercuten en su desarrollo económico y en su cotidianidad. En consecuencia, se ha identificado la necesidad de la construcción de elementos de protección (Enrrocado - Geobolsas) en la margen derecha del río, con el fin de evitar la erosión los taludes que pudiesen comprometen la ruta 6515 (Troncal Villagrazon - Sarvena) .

En el presente informe técnico de diagnóstico representa el resultado de la evaluación integral de las condiciones de riesgo, amenaza y vulnerabilidad por fenómenos naturales y antrópicos en el sector de Barrancones municipio de Saravena, departamento de Arauca.

Este territorio, caracterizado por una compleja dinámica hidrológica, geomorfológica y tectónica en el piedemonte llanero, presenta niveles críticos de susceptibilidad frente a eventos extremos de inundación, avenidas torrenciales, erosión fluvial y movimientos en masa, los cuales amenazan la seguridad de la población, la infraestructura vital y los ecosistemas estratégicos de la región.

El diagnóstico particularizado del escenario de riesgo en el municipio de Saravena evidencia que el tramo del río Banadías a la altura de la vereda Barrancones constituye el punto crítico de mayor inestabilidad hidrodinámica y vulnerabilidad física de toda la subcuenca de piedemonte. En este sector específico, la consolidación progresiva de un meandro activo fuertemente encajado sobre Depósitos Aluviales Recientes ha desencadenado un proceso severo de laterización y socavación basal que avanza de manera regresiva hacia la margen derecha hídrica.

Esta dinámica de erosión lateral acelerada, caracterizada por la pérdida sistemática de la banca natural compuesta por matrices granulares sueltas de arena mal gradada, ha superado los mecanismos auto-estabilizadores del cauce y amenaza con colapsar y comprometer de forma definitiva la estructura vial de la Ruta Nacional 6515 (Troncal Villagarzón - Saravena).

La destrucción inminente de esta arteria vial vital no solo fragmentaría la conectividad estratégica del departamento de Arauca, sino que expone de forma directa a la población de a un escenario de desastre con pérdidas severas en su sustento económico, sus terrenos de cultivos de plátano y cacao, y su seguridad residencial, configurando los supuestos técnicos y jurídicos para una intervención estructural de emergencia bajo el marco normativo de la Ley 1523 de 2012

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

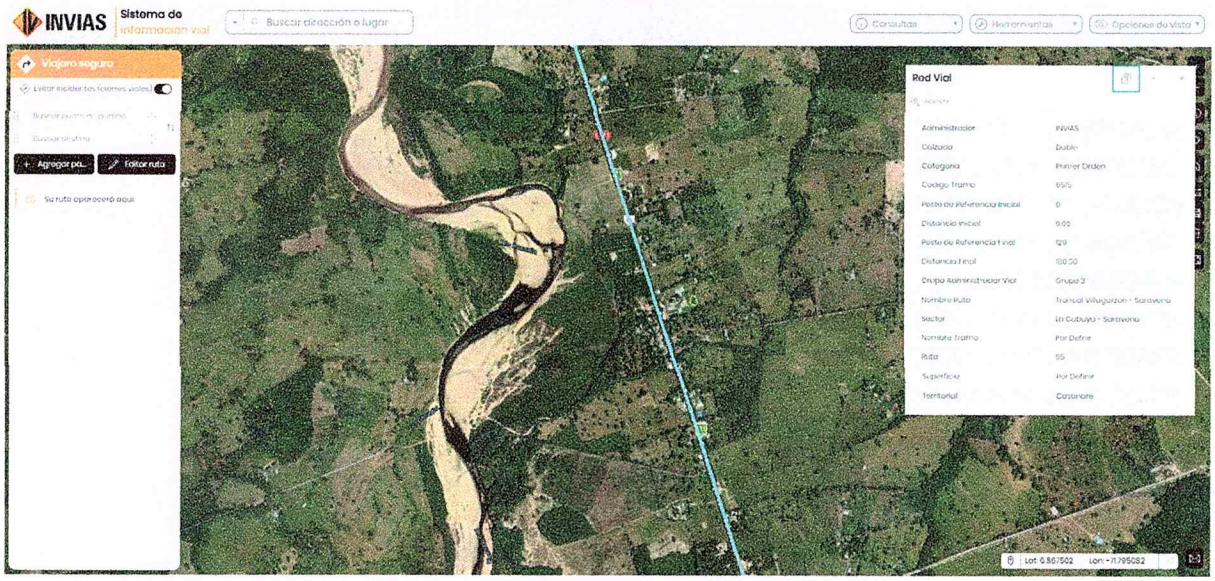


Ilustración 1. Localización meandro de estudio con respecto a la Troncal Villagarzon - Saravena

Fuente: INVIAS

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de Saravena está ubicado en la Orinoquia colombiana, noroccidente del departamento de Arauca. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6º46' y 7º00' y Longitud 71º41' y 72º06'. Está limitado por el norte con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras; por el sur con el municipio de Fortul; por el este con el municipio de Arauquita y Fortul y por el oeste con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá.

Código Dane: 81736
Coordenadas: 06°53'"N 71°54'"O
Extensión: 907 Km^2
Altitud: 223 m. s. n. m
Distancia: 196 Km a Arauca
Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 210 msnm
Temperatura media: 27 ºC

La ubicación geográfica del municipio de Saravena se encuentra dentro de la Orinoquia araucana, del paisaje andino Orinocense el cual, desde el punto de vista paisajístico, puede dividirse de la siguiente manera:

- Piedemonte andino: Está localizado en la sección baja de la cordillera y conformado por un complejo relieve de materiales acumulados y estribaciones andinas donde sobresalen bajos, áreas de explayamiento, cunas, terrazas, mesetas, mesas, colinas, lomas y serranías. Esta zona estuvo cubierta de selva y está comprendida entre los 200 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Vertiente cordillerana: Conformada por relieves escalonados descendientes hasta alcanzar los 1.000 metros sobre el nivel del mar. La zona cordillerana está cubierta por completo de selva de gran biodiversidad, riqueza hídrica y de suelos.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA



Ilustración 2. Localización general, municipio de Saravena

Para efecto del presente estudio, se analizará un tramo del Río Banadia a la altura de la vereda Barrancones en el municipio de Saravena, el cual se encuentra localizado tomando como puntos de referencia su punto inicial y su punto final, georreferenciado mediante las coordenadas presentadas en la Tabla 1, con origen Magna Sirgas / Origen Este.

Tabla 1. Localización del tramo en estudio

Acción	Longitud	Coordenadas			
		Inicio		Fin	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Enrocado + Geo Bolsas	210	6°51'44.78"N	71°47'56.02"O	6°51'50.79"N	71°47'56.92"O

Fuente: Elaboración propia

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Ilustración 2 localización específica del proyecto



Fuente: Google eart pro

2.2. OBJETIVO

Realizar el diagnóstico integral técnico de la margen derecha del río Banadías en el sector crítico Barrancones (Saravena, Arauca) centrado en el análisis multitemporal, hidráulico y geotécnico de fallas, aportando las bases instrumentales necesarias para justificar la construcción de obras integradas de mitigación estructural y el ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial.

2.2.1. Objetivos específicos

- Evaluar la amenaza hidrodinámica determinando los caudales máximos mediante la distribución de valores extremos Tipo I (Gumbel).
- Modelar mediante HEC-RAS el comportamiento de las líneas de flujo en el meandro activo y cuantificar la socavación local del lecho.
- Tipificar los parámetros geomecánicos del sustrato del talud erosionado a partir de ensayos in-situ y de laboratorio

2.3. ALCANCE

Partiendo de la necesidad de llevar a cabo los estudios y diseños de la obra de reducción del riesgo por inundación para el sector vereda Barrancones en el municipio de Saravena, se realiza el análisis y diagnóstico de la situación actual.

2.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El deterioro del medio ambiente en el caso específico de la cuenca del río Banadia, está relacionado principalmente con el uso inadecuado de los suelos y la pérdida de bosques primarios y de galería, debido a la falta de conocimiento en el manejo de los suelos, la falta de capacitación y apoyo técnico a los campesinos.

En el caso particular del presente estudio se presenta erosión lateral en las zonas aledañas del río Banadia en su paso por la vereda Barrancones En los últimos años se han generado situaciones relacionadas con pérdida del talud. Esto descrito ha expuesto a la población a condiciones de riesgo que han repercutido en su desarrollo económico y en su cotidianidad.

2.5. JUSTIFICACIÓN

Las intensas lluvias de la temporada invernal actual, sumadas a las históricas de la región, han incrementado el riesgo de erosión en la ribera del río Banadia, a la altura de la vereda Barrancones, municipio de Saravena. Esta situación amenaza la seguridad y el bienestar de la población, así como sus bienes materiales y económicos.

Para mitigar estos riesgos, se propone la construcción de un conjunto de obras de protección en la margen derecha del río Banadia (Realineamiento del Cauce + Enrocado y Geobolsas). La obra evitará la erosión, protegiendo a la población de Barrancones y en particular la vía nacional.

Para el diseño y construcción de la obra de protección, se requiere un estudio geótécnico que determine las características del terreno y las condiciones del río, para lo cual se requiere la ejecución de la recopilación y análisis de la información geológica que permita reconocer la problemática del sector.

2.6. ANTECEDENTES

El municipio de Saravena, departamento de Arauca, ha presentado históricamente una alta susceptibilidad a fenómenos de inundación, erosión lateral y socavación de taludes, producto de la dinámica fluvial de los ríos Banadía, San Miguel, Bojabá y Madre Vieja, condiciones que de los taludes que están comprometen la ruta 6515 (Troncal Villagrazon - Sarvena).

se intensifican durante las temporadas de lluvias y generan afectaciones sobre la población, la infraestructura y las actividades productivas desarrolladas en las zonas ribereñas. Uno de los eventos de mayor impacto ocurrió durante el año 2018, cuando el desbordamiento del río Banadía ocasionó inundaciones que afectaron aproximadamente el 95 % de la población del sector, registrándose niveles de agua superiores a veinte (20) centímetros al interior de las viviendas. Como consecuencia, se presentaron pérdidas en cultivos, semovientes, enseres, bienes inmuebles y bienes de uso colectivo, incrementando significativamente la vulnerabilidad de las comunidades asentadas en inmediaciones del cauce. Con el propósito de fortalecer la gestión del riesgo frente a las condiciones hidrometeorológicas previstas para el año 2026, la Administración Municipal, en el marco de la Ley 1523 de 2012, expidió el Decreto No. 25 del 10 de febrero de 2026, mediante el cual declaró la Alerta Amarilla Preventiva en todo el municipio de Saravena, como respuesta a las condiciones meteorológicas adversas, la presencia de puntos críticos activos y los pronósticos del IDEAM que advertían precipitaciones superiores a los promedios históricos para el primer trimestre del año. Dicho acto administrativo se fundamentó en las evaluaciones técnicas realizadas por el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD), las cuales evidenciaron escenarios de amenaza y vulnerabilidad alta asociados a procesos de socavación lateral, desbordamientos y erosión de las márgenes de los principales cuerpos de agua del municipio. Como parte de las acciones derivadas de esta declaratoria, el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres elaboró el Informe de Puntos Críticos 2026, producto de visitas técnicas de inspección realizadas en la cabecera municipal y diferentes veredas del municipio, con el acompañamiento de la Secretaría General y de Gobierno, la Secretaría de Planeación e Infraestructura, profesionales del banco de maquinaria, personal del sector ambiental, representantes de las Juntas de Acción Comunal y habitantes de las zonas evaluadas. Estas inspecciones permitieron identificar y georreferenciar los principales escenarios de riesgo asociados a procesos de erosión, socavación y desbordamiento. Dentro de los puntos evaluados fue identificado el Sector Barrancones (Punto Crítico PC15), localizado sobre la margen derecha del río Banadía, donde se evidenció un proceso activo de socavación lateral que ocasiona la pérdida progresiva del terreno natural. El informe técnico señala que la acumulación de bancos de sedimentos (playones) ha desviado el cauce principal hacia la margen derecha, intensificando el proceso erosivo y generando un nivel de riesgo crítico debido a la cercanía de predios privados y de la Ruta Nacional 6515, corredor estratégico para la movilidad regional. Las condiciones identificadas durante las evaluaciones técnicas evidenciaron la necesidad de implementar obras de reducción del riesgo orientadas a estabilizar el talud y controlar los procesos de erosión lateral y socavación basal presentes en este sector. En consecuencia, se formuló el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL

Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", como una intervención prioritaria para disminuir el riesgo

sobre la población, proteger la infraestructura existente y preservar la funcionalidad de la Ruta Nacional 6515.

3. MARCO NORMATIVO APLICABLE

El desarrollo de este estudio y la posterior formulación de proyectos de mitigación se rigen bajo un estricto compendio normativo colombiano e internacional. Las principales normas aplicadas en el análisis son:

- Ley 1523 de 2012: Adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Define los principios de precaución, solidaridad, autocuidado y el carácter prioritario de la gestión del riesgo en la planificación territorial. Específicamente, sustenta los mecanismos de declaratoria de desastre y calamidad pública (Artículos 57 a 65) para habilitar regímenes especiales de contratación.
- Decreto 1807 de 2014: Reglamenta las condiciones para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en la revisión y ajuste de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), exigiendo la elaboración de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para áreas urbanas y de expansión.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000 - Título D): Establece los criterios técnicos para el diseño de canales, obras de drenaje pluvial, estructuras de control de inundaciones y requisitos de protección hídrica.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10): Aplica directamente al diseño estructural y geotécnico de muros de contención, cimentaciones de obras hidráulicas y estructuras de concreto reforzado o acero de protección.
- Manual de Protección de Márgenes de Agua Dulce (Ministerio de Ambiente / FONADE): Guía técnica para la selección, diseño y construcción de obras de defensa fluvial con criterios de sostenibilidad ambiental y bioingeniería.
- Guías Técnicas de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD): Lineamientos para la formulación de planes de contingencia, caracterización de escenarios de riesgo e implementación de sistemas de alerta temprana (SAT).
- Normativa Complementaria Internacional: USACE EM 1110-2-1601 para el diseño hidráulico de canales de control de inundaciones, y FHWA HEC-18 / HEC-23 para el cálculo de socavación y selección de contramedidas.

4. ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (SECTOR BARRANCONES)

4.1. Análisis Morfológico e Hidrodinámico del Río Banadías

El río Banadías en el sector de la vereda Barrancones exhibe un patrón morfológico propio de piedemonte llanero, transicionando de un cauce trenzado a un meandro dinámico de alta energía de curvatura cerrada. Las simulaciones para un periodo de retorno de 100 años con una

precipitación máxima en 24 horas estimada en 272.00 mm validan la mancha de inundación crítica reflejada en los modelos computacionales.

El flujo helicoidal concentrado incide directamente sobre la orilla exterior (margen derecha del meandro), generando esfuerzos cortantes basales superiores 120 Pa, lo cual excede el umbral crítico de arrastre del material granular nativo.

Los cálculos matemáticos analíticos basados en los métodos hidrodinámicos indican que el fondo original del lecho sufrirá un descenso vertical por socavación local de **1.40 m** debido a la concentración de las líneas de corriente en la curva del meandro.

4.2. Caracterización Geológica y Geotécnica del Sustrato

El análisis estratigráfico del área afectada, basado en la campaña de apiques ejecutada, demuestra que el talud de la orilla crítica posee una altura expuesta de **9.0 m** con una pendiente subvertical. El sustrato se asocia geológicamente a Depósitos Aluviales Recientes, compuestos predominantemente por matrices granulares sueltas clasificados bajo el sistema SUCS como **Arena Mal Gradada (SP)** a **Arena Limosa (SM)**, con plasticidad nula.

Los ensayos in-situ arrojaron un índice de penetración promedio corregido extremadamente bajo de **Nmedio = 8.75**, lo que denota una compacidad suelta del terreno de apoyo. Los parámetros geomecánicos de diseño adoptados bajo los lineamientos del Título H de la NSR-10 se detallan a continuación:

- Cohesión efectiva (c'): 0.0 kPa (Suelo granular sin cohesión).
- Ángulo de fricción interna 29°.
- Peso unitario húmedo 16.8 kN/m^3.
- Peso unitario saturado 17.8 kN/m^3.

Los análisis de estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite (Bishop y Janbu) determinaron factores de seguridad críticos inferiores a la unidad (FS < 1.0) en condiciones de nivel freático alto y vaciado rápido, con un potencial severo de licuación cíclica e inestabilidad gravitacional activa del talud por descalce de su pie hídrico.

4.3. Amenaza por Inundación, Crecientes Súbitas y Dinámica Fluvial

La amenaza hidrológica en el sector Barrancones está definida por la ocurrencia de caudales pico extraordinarios asociados a eventos de precipitación extrema concentrados en la cuenca alta y media del río Banadías. Al ingresar al sector plano de la llanura de inundación aluvial, la corriente sufre una pérdida brusca de pendiente hidráulica, lo que propicia fenómenos severos de divagación de cauces, desbordamientos periódicos e inundaciones lentas y rápidas.

Con base en el análisis de frecuencias de precipitación para la zona de estudio, se determinó un valor de precipitación máxima en 24 horas de **272.00 mm** para un periodo de retorno de T = 100 en el área aferente de la subcuenca.

En el tramo específico de Barrancones, el río Banadías consolida un patrón meándrico activo y dinámico. El flujo helicoidal concentrado impacta de manera perpendicular y oblicua contra la orilla exterior (margen derecha), induciendo tensiones de corte tangenciales de fondo altos. Estos esfuerzos exceden críticamente el umbral de arrastre hidráulico de las partículas de arena y grava que conforman el lecho, provocando que el fondo original sufra un descenso vertical por socavación local. Este descalce dinámico del pie del talud anula de forma sistemática el empuje pasivo del suelo, dejando la estructura del talud superior en una condición de inestabilidad activa inminente.

4.4. Amenaza Geotécnica por Remoción en Masa, Inestabilidad de Bancas y Erosión Regresiva

A nivel regional y de mapas de susceptibilidad general, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) categoriza el sector plano aluvial de Saravena como una zona de susceptibilidad baja por movimientos en masa debido a sus pendientes topográficas topológicas suaves. No obstante, a una escala de detalle ingenieril (1:2.000) en el frente de la orilla de Barrancones, el talud expuesto presenta una altura crítica subvertical de **9.0 m** medidos desde el fondo erosionado, configurando un escenario de amenaza local Muy Alta por pérdida de banca y deslizamientos rotacionales o planos sucesivos.

De acuerdo con la exploración in-situ mediante apiques y ensayos de penetración estándar ejecutados por la consultoría, los perfiles de suelo pertenecen a Depósitos Aluviales Recientes. Estos materiales se clasifican bajo el sistema SUCS como **Arenas Mal Gradadas (SP)** a **Arenas Limosas (SM)** con plasticidad nula.

El suelo exhibe una compacidad in-situ floja, al presentarse un incremento de presiones de poros por la sobreelevación del nivel freático durante la temporada invernal, sumado al efecto de "vaciado rápido" o desembalse tras el paso de una onda de avenida, la resistencia al corte del suelo disminuye.

El análisis numérico por equilibrio límite (métodos de Bishop y Janbu) determinó Factores de Seguridad críticos inferiores a la unidad (FS < 1.0). Esto demuestra un riesgo inminente de **licuación cíclica**, erosión interna por tubificación y colapso gravitacional de bloques de suelo hacia el cauce, destruyendo el terraplén protector de la orilla y avanzando de forma regresiva hacia la corona del talud.

4.5. Amenaza Tecnológica de Origen Antrópico por Pérdida de Conectividad e Infraestructura Especial

La faja de consulta y afectación directa de la amenaza fluvial en Barrancones interfiere de forma sustancial con la infraestructura estratégica del orden nacional y local, lo que eleva el potencial de daño físico a categorías críticas:

- **Amenaza sobre la Infraestructura Vial (Ruta Nacional 6515):** La erosión lateral acelerada y el retroceso de la corona del talud comprometen directamente la banca de la calzada de la **Ruta 6515 (Troncal Villagarzón - Saravena)**[cite: 1, 7]. Un colapso estructural de este corredor vial generaría una emergencia por fragmentación de la conectividad terrestre del departamento de Arauca, interrumpiendo el transporte de bienes, insumos y la movilidad institucional.

4.6. MODELACIÓN HIDRÁULICA CONDICIONES ACTUALES

El análisis del comportamiento de las principales variables climatológicas en el sector de estudio se realiza con base a las estaciones climatológicas del IDEAM aferentes a la zona de proyecto., las cuales se presentan en los siguientes consecutivos, a excepción de la precipitación que merece un capítulo especial en el documento por su importancia para la estimación de los caudales mediante los modelos lluvia escorrentía.

El río Banadia cuenta con un área aferente de drenaje de 220.45 km^2, donde el uso de suelo de la cuenca se encuentra conformado principalmente por combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles. De acuerdo con las condiciones mencionadas se estima un caudal pico para un periodo de retorno de 100 años del orden de 1190.43m^3/s.

De acuerdo con las imágenes del rio en la vereda Barranconess, junto con la visita del especialista y concepto del especialista hidráulico, se tiene que el lecho del río está compuesto en su mayoría por arenas y grabas finas como se logra observar en la Figura 4-1.

Figura 4-1. Río Banadia a la altura del sector Barrancones

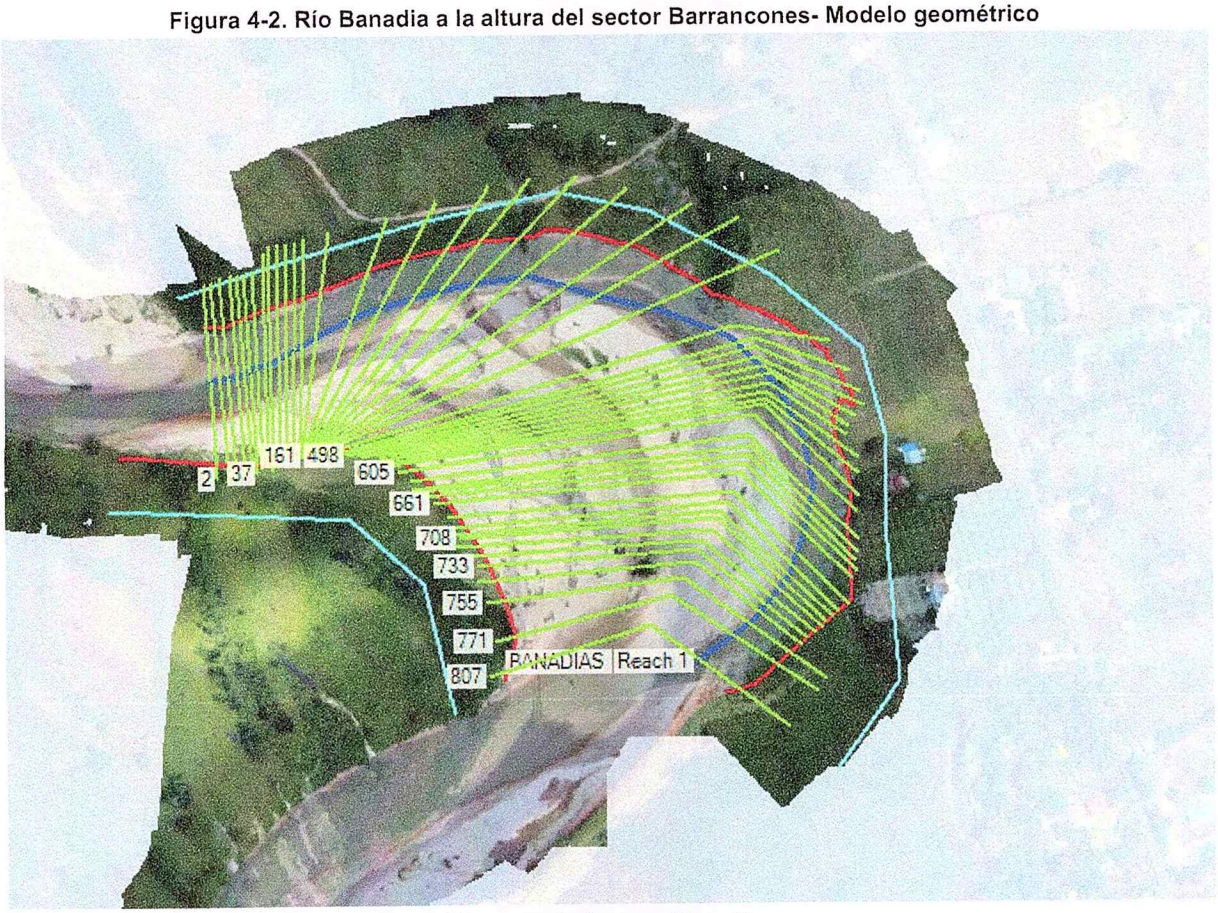


Fuente: Propia

Se adelantó la modelación hidráulica de la corriente, utilizando el programa Hec-Ras, esto en función de revisar el impacto de la lámina de agua sobre las llanuras de inundación.
se adoptó como coeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce principal un valor de 0.037, para la banca izquierda 0.083 y para la banca derecha un valor de 0.088.

Se adoptó como condición de frontera aguas arriba y aguas abajo la profundidad CRITICA teniendo en cuenta la pendiente media del cauce (1.01%), dicho modelo hidráulico ha sido corrido con régimen mixto, dado a las condiciones variable que presenta un flujo en cauces naturales.

Figura 4-2. Río Banadia a la altura del sector Barrancones- Modelo geométrico

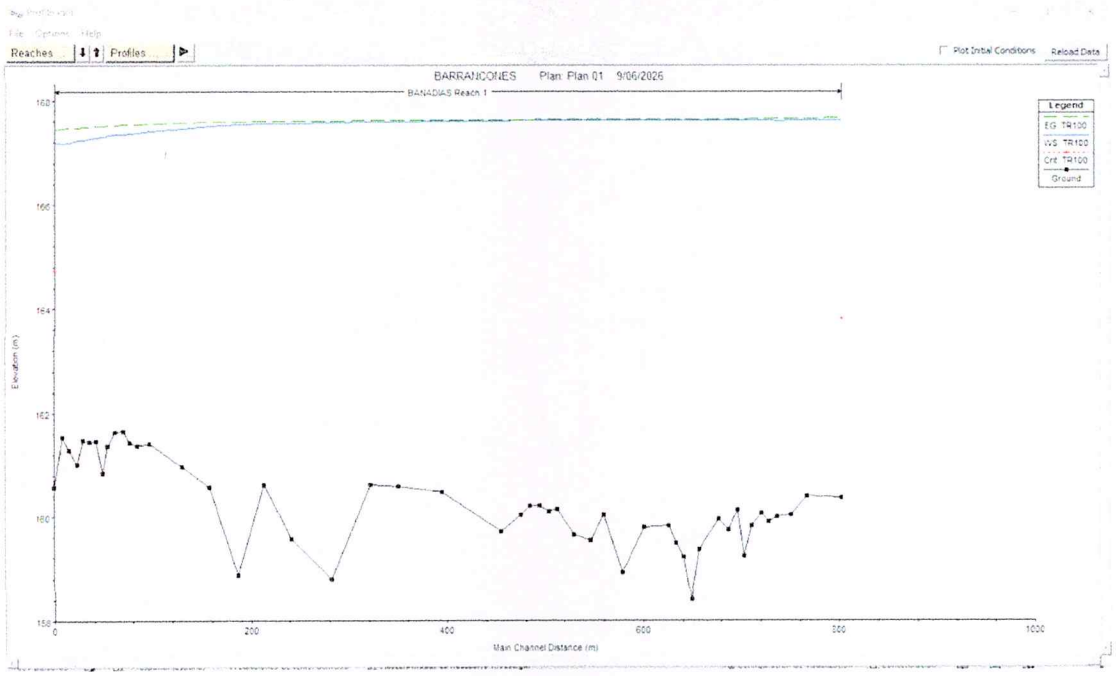


Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-3 se muestra la lámina de agua esperada en perfil longitudinal a lo largo del Río BANADIA en la zona de estudio.

De acuerdo con los análisis, actualmente no se tiene la capacidad suficiente para el paso de la creciente estimada para un periodo de recurrencia de 100 años.

Figura 4-3. Río BANADIA– Perfil de la lámina de agua



Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-4 y Figura 4-5 se presentan los parámetros hidráulicos estimados a la altura del meandro con fuerte tendencia a laterización del cauce aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

Figura 4-4. Río BANADIA– Parámetros hidráulicos meandro aguas arriba

Cross Section Output

File Type Options Help

River: BANADIAS Profile: TR100

Reach Reach 1 RS: 701 Plan: 01

Plan: 01 BANADIAS Reach 1 RS: 701 Profile: TR100

E.G. Elev (m)	167.64	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.02	Wt. n-Val.	0.083	0.037	0.087
W.S. Elev (m)	167.62	Reach Len. (m)	8.60	8.60	8.60
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	36.69	1716.02	2.72
E.G. Slope (m/m)	0.000081	Area (m2)	36.69	1716.02	2.72
Q Total (m3/s)	1190.43	Flow (m3/s)	6.67	1183.59	0.16
Top Width (m)	360.80	Top Width (m)	12.80	347.50	0.50
Vel Total (m/s)	0.68	Avg. Vel. (m/s)	0.18	0.69	0.06
Max Chl Dpth (m)	7.49	Hydr. Depth (m)	2.87	4.94	5.44
Conv. Total (m3/s)	132558.9	Conv. (m3/s)	743.3	131797.3	18.4
Length Wtd. (m)	8.60	Wetted Per. (m)	16.83	358.21	6.04
Min Ch El (m)	160.13	Shear (N/m2)	1.72	3.79	0.36
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	0.31	2.61	0.02
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	13.45	1039.47	36.54
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	5.67	206.93	13.48

Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-5. Río BANADIA– Parámetros hidráulicos meandro aguas abajo

Cross Section Output

File Type Options Help

River: BANADIAS Profile: TR100

Reach Reach 1 RS: 37 Plan: 01

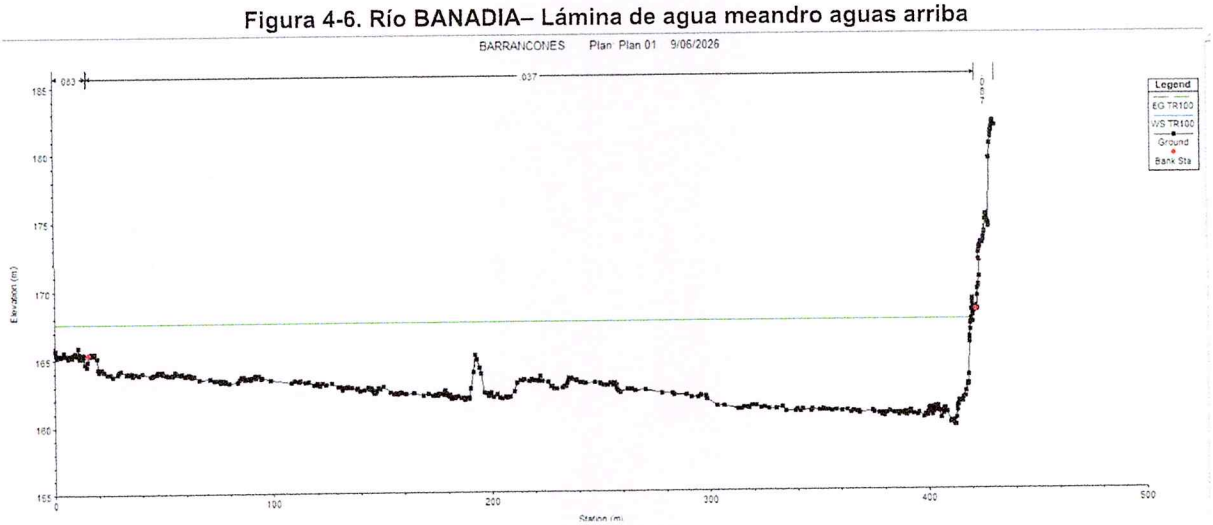
Plan: 01 BANADIAS Reach 1 RS: 37 Profile: TR100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	167.50	Wt. n-Val.	0.083	0.037	0.087
Vel Head (m)	0.23	Reach Len. (m)	15.00	6.20	15.00
W.S. Elev (m)	167.27	Flow Area (m2)	12.42	546.31	39.84
Crit W.S. (m)		Area (m2)	12.42	546.31	39.84
E.G. Slope (m/m)	0.000942	Flow (m3/s)	5.79	1168.98	15.66
Q Total (m3/s)	1190.43	Top Width (m)	6.40	127.21	24.33
Top Width (m)	157.94	Avg. Vel. (m/s)	0.47	2.14	0.39
Vel Total (m/s)	1.99	Hydr. Depth (m)	1.94	4.29	1.64
Max Chl Dpth (m)	5.83	Conv. (m3/s)	188.6	38081.9	510.2
Conv. Total (m3/s)	38780.7	Wetted Per. (m)	8.78	131.89	37.12
Length Wtd. (m)	6.37	Shear (N/m2)	13.07	38.27	9.92
Min Ch El (m)	161.44	Stream Power (N/m s)	6.09	81.90	3.90
Alpha	1.14	Cum Volume (1000 m3)	0.85	18.11	3.80
Frctn Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.60	4.22	1.28
C & E Loss (m)	0.00				

Fuente: Software Hec-Ras

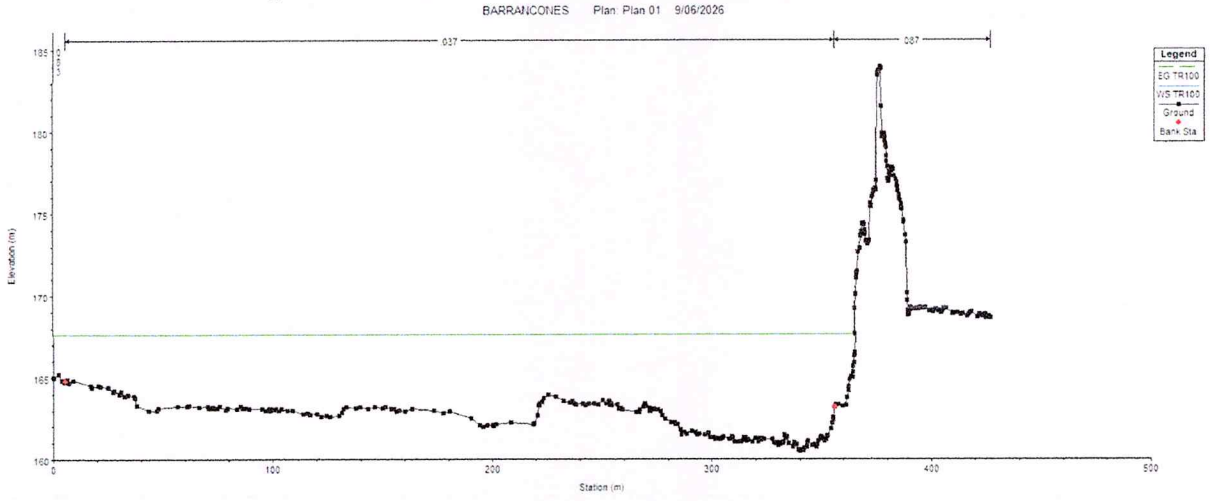
En la Figura 4-6 y Figura 4-7 se muestra la sección transversal de la cara de aguas arriba de la estructura. Se adjuntan los reportes de la modelación y los archivos magnéticos.

Figura 4-6. Río BANADIA– Lámina de agua meandro aguas arriba



Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-7. Río BANADIA– Lámina de agua meandro aguas abajo



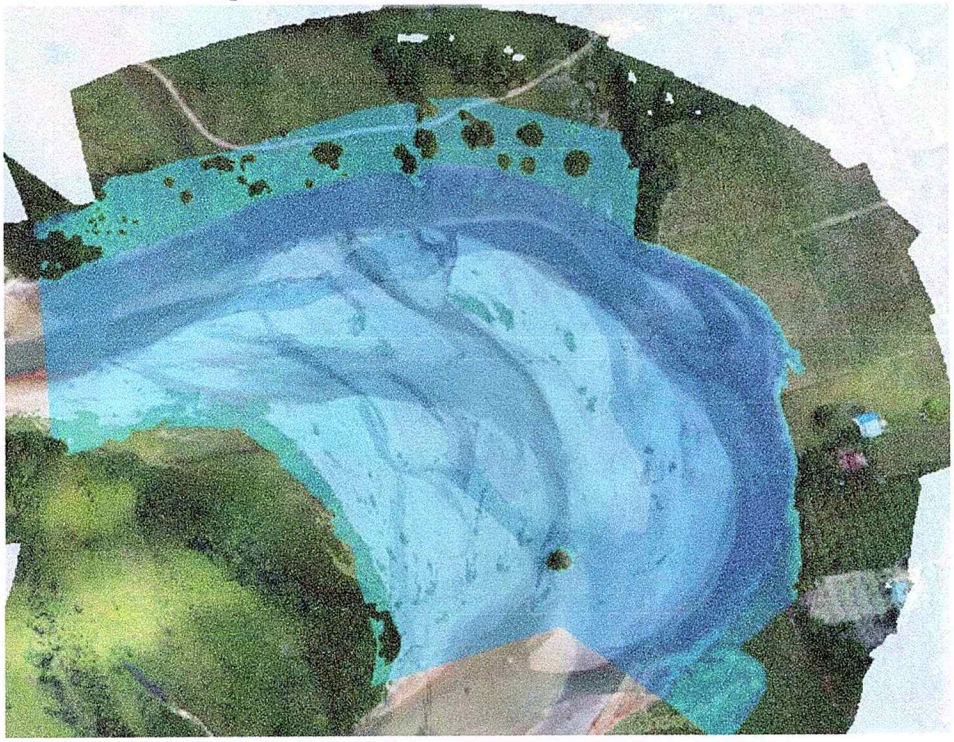
Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-8 se muestra la mancha de inundación donde se simula el movimiento del agua en la zona correspondiente al Barrancones que presenta erosión basal, teniendo en cuenta la topografía, la rugosidad del terreno y las estructuras hidráulicas existentes se evidencia una tendencia del cauce hacia la margen derecha.

El modelo hidráulico desarrollado y presentado en la Figura 4-8 se pueden apreciar la y profundidad estimada de las inundaciones para un evento hidrológico en un periodo de retorno de 100 años.

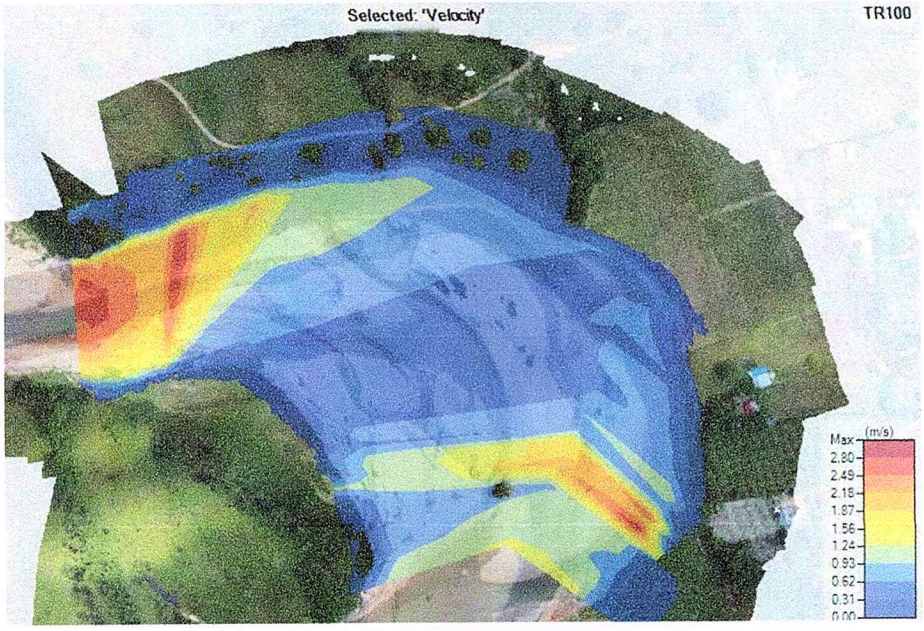
La Figura 4-9 muestra la distribución de velocidades en el cauce, se aprecia la laterización del cauce hacia la margen derecha donde se predicen velocidades de hasta 2.5m/s con lo cual es apremiante controlar estas velocidades debido a ser una variable en la erosión; las altas velocidades del agua están **erosionando la orilla derecha del río**, traducido a la problemática actual con desprendimientos de tierra, hundimientos, erosión basal del talud e incluso cambios en el curso del río.

Figura 4-8. Río BANADIA–Mancha de inundación



Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-9. Río BANADIA–Velocidades en el cauce



Fuente: Software Hec-Ras

4.7. OBRAS HIDRÁULICAS PROPUESTAS PARA MITIGAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN

4.7.1. MUROS RÍGIDOS

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

En la Tabla 4-1. se presenta un resumen de las ventajas y desventajas, analizando la Tabla 4-1. y extrapolando para el sector del Barranconess se puede afirmar que esta solución es inviable debido a la necesidad de tener un suelo competente para esto se requiere de realizar una campaña geotécnica rigurosa conjugada con estudios geológicos y morfológicos que determinen el mejor emplazamiento, desde la óptica de la ingenieria estructural se requieren de sistemas de cimentación profunda lo cual se traduce en altos costos de tal manera que esta alternativa es desechada.

Tabla 4-1. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros rígidos

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes

Fuente: Cárdenas, Obras de protección de orillas, 2012 Univalle.

4.7.2. MUROS MASIVOS FLEXIBLES

Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura. En la Tabla 4-1. se presenta un resumen de las ventajas y desventajas, analizando la Tabla 4-1. y extrapolando para el sitio critico en el Barranconess puede afirmar que esta solución es inviable debido a la zona donde se emplazarían por cuestiones constructivos sin embargo el sistema de PIEDRA -PEDRAPLEN puede ser utilizado como medida paliativa con la premisa que el material será arrastrado por el cauce.

Tabla 4-2. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros flexibles

Muro	Ventajas	Desventajas
Gaviones	Fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y ECONÓMICA.	Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad
Criba	Simple de construir y mantener. Utiliza el suelo en la mayor parte de su volumen. Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Llantas (Neusol)	Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.	No existen procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida.
Piedra - Pedraplén	Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.	Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente GRANDES de difícil acceso en la región.

Fuente: Cárdenas, Obras de protección de orillas, 2012 Univalle.

4.7.3. MUROS DE TIERRA REFORZADA GEOBOLSAS

Las estructuras de tierra reforzada son terraplenes donde el suelo es su principal componente; y dentro de este, en el proceso de compactación, se colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante. Internamente deben su resistencia principalmente, al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad.
En la Tabla 4-1. se presenta un resumen de las ventajas y desventajas, analizando la Tabla 4-1. y extrapolando para la margen derecha del rio Banadias en la vereda Barranconess, se puede afirmar que esta solución es viable, son fáciles de construir este tipo de muros utilizan el suelo como su principal componente, se cuanta en la región con los equipos y mano de obra necesaria.

Tabla 4-3. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros de tierra reforzada

Muro	Ventajas	Desventajas
Refuerzo con tiras metálicas	Los refuerzos metálicos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos. Existen empresas especializadas dedicadas a su construcción.	Las zonas de refuerzo requieren protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en el relleno utilizado con los elementos de refuerzo. Algunos tipos de muro de tierra armada están cubiertos por patentes.
Refuerzo con geotextil	Son generalmente muy económicos y fáciles de construir.	El geotextil se descompone con la luz solar
Refuerzo con malla	La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor.	dependiendo del material constitutivo la malla puede descomponerse o corroerse.

Fuente: Cárdenas, Obras de protección de orillas, 2012 Univalle.

4.7.4. PANELES SUMERGIDOS

Los paneles sumergidos son placas que se instalan verticales sobre el lecho del río, con una altura entre 0.2 y 0.4 veces la profundidad normal del flujo a sección llena, y un ángulo de ataque entre 15° y 25° con respecto al flujo principal; se diseñan para generar flujos secundarios transversales que contrarrestan los flujos secundarios naturales causantes de la socavación de

la banca; de esta manera se reduce la velocidad del flujo en el extradós de la curva o también se puede provocar la profundización del cauce mediante la redistribución de los sedimentos en la sección transversal; su efecto se extiende hasta una distancia de 12 a 15 veces la altura del panel.
Su uso en el área de estudio está condicionado pues para optimizar su acción se requiere instalar dentro del cauce en el tramo del meando lo cual constructivamente se dificulta ya que el canal principal presenta velocidades mayores a 3.0m/s y profundidades mayores a 2.5 metros.

Se descarta esta opción por las exigencias en el proceso constructivo.

4.7.5. ESPOLONES

Los espolones son estructuras lineales permeables e impermeables que son proyectadas dentro del canal con el propósito de alterar la dirección del flujo, inducir la sedimentación, y/o reducir las velocidades del flujo a lo largo de la orilla del canal. Los espolones se pueden clasificar en permeables e impermeables y a su vez también se pueden clasificar según su funcionalidad en estructuras de tipo retardadora, retardadora- divergente y estructuras permeables.
Su uso en el área del rio Banadia es una opción no recomendada por que estos estarían interpuestos a la corriente. Adicionalmente promueven la depositación acelerada y dadas las condiciones actuales con la presencia de grandes barras de material se presentarían conflictos por perdida de capacidad hidráulica del cauce; sin embargo, en la parte posterior se crea una zona de vórtices o de mayor erosión si la orientación y la distancia al espolón siguiente no son técnicamente correctas.
Para su implementación se requiere de mayor información topo batimétrica en cuanto a longitud del cauce aguas arriba y aguas abajo, campaña geotécnica y estudios geológicos para alimentar un modelo más robusto y poder modelar correctamente.

4.7.6. MATRIZ DE EVALUACION ALTERNATIVAS

Para la selección de la alternativa a implementar se evaluarán los parámetros de:

Proceso constructivo; se calificará de 1 a 3 donde se tendrá la siguiente calificación:

COMPLEJO	1	Sistemas constructivos no convencionales
CONVENCIONAL	2	Sistemas constructivos otros sectores de la construcción (Infraestructura, vivienda, puertos, marítima)
SIMPLE	3	Sistemas constructivos convencionales

Costo por metro lineal; se calificará de 1 a 3 donde se tendrá la siguiente calificación:

COSTOSO	1	Mayor a 50.000.001
PROMEDIO	2	20.000.001 a 50.000.000
FACTIBLE	3	Menor a 20.000.000

Capacidad a la socavación; se calificará de 1 a 3 donde se tendrá la siguiente calificación:

NO COMPETENTE	1	No Considera la socavación en su diseño
COMPETENTE	2	Mitiga los efectos de la socavación
MUY COMPETENTE	3	Considera la socavación en su diseño

Capacidad a la erosión; se calificará de 1 a 3 donde se tendrá la siguiente calificación:

NO COMPETENTE	1	No Considera la erosión n en su diseño
COMPETENTE	2	Mitiga los efectos de la erosión
MUY COMPETENTE	3	Considera la erosión en su diseño

Se evalúan todos los parámetros con la siguiente correlación:
SELECCION = Proceso constructivo x 0.25 + Costo por metro lineal x 0.25 + Capacidad a la socavación x 0.25 + Capacidad a la erosión x 0.25

Evaluando se tiene la siguiente matriz de evaluación, seleccionando la alternativa de **MUROS DE TIERRA REFORZADA**:

Tabla 4-4. Matriz de selección alternativas

	PROCESO CONSTRUCTIVO	COSTO ML	SOCAVACION	EROSIÓN	CALIFICACION
MUROS RIGIDOS	1	1	3	2	1.75
MUROS MASIVOS FLEXIBLES	2	2	1	2	1.75
GEOBOLSAS + ENRROCADO	3	2	3	2	2.5
PANELES SUMERGIDOS	1	1	2	2	1.5
ESPOLONES	1	1	3	2	1.75
PILOTE CON BOLSACRETOS	2	2	1	2	1.75

Fuente: Propia.

4.8. OBRAS HIDRÁULICAS SELECCIONADAS

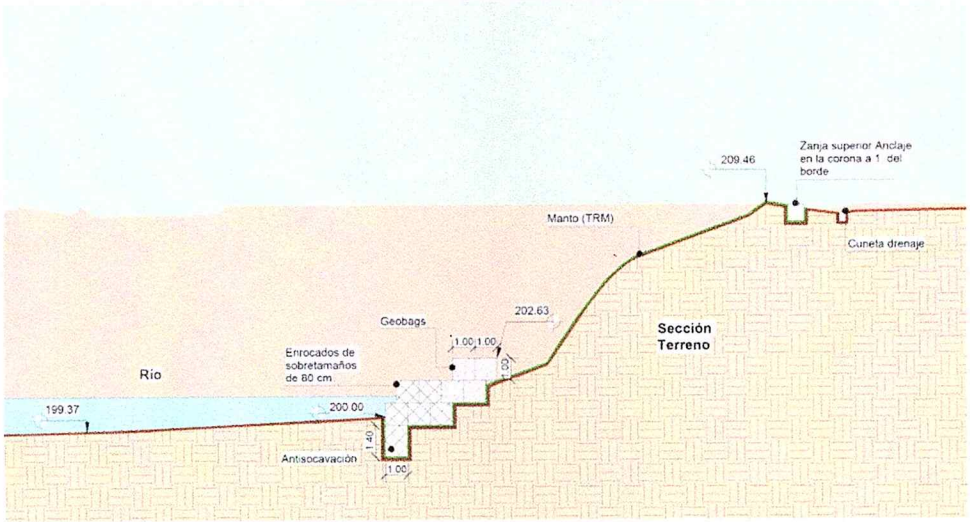
Según la evaluación y resultados de la Tabla 4-4, la alternativa seleccionada es **GEOBOLSAS + ENRROCADO**, para modelar esta alternativa se tienen en cuenta los resultados de los estudios de Geotecnia, exploración y geología donde se ha evaluado previamente la geometría y estabilidad desde la óptica de la geotecnia; a continuación, se realizará la evaluación de la estructura a implementar desde la especialidad de la hidráulica fluvial.

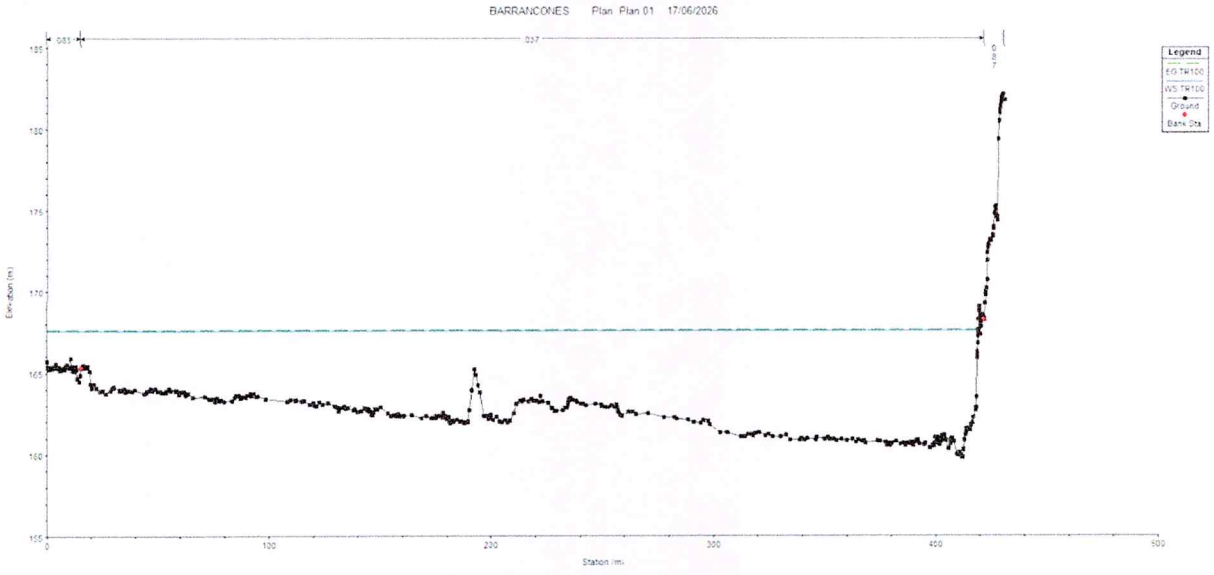
Se adelantó la modelación hidráulica de la corriente con las obras y adecuaciones del cauce, utilizando el programa Hec-Ras, esto en función de revisar el impacto de la lámina de agua sobre las llanuras de inundación.

Como se presentó en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se adoptó como c oeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce principal un valor de 0.037, para la banca izquierda 0.083 y para la banca derecha un valor de 0.088.

Se adoptó como condición de frontera aguas arriba y aguas abajo la profundidad CRITICA teniendo en cuenta la pendiente media del cauce (1.1%), dicho modelo hidráulico ha sido corrido con régimen mixto, dado a las condiciones variable que presenta un flujo en cauces naturales.

Figura 4-10. Río Banadia a la altura del sector Barrancones- Modelo geométrico con obra de proteccion



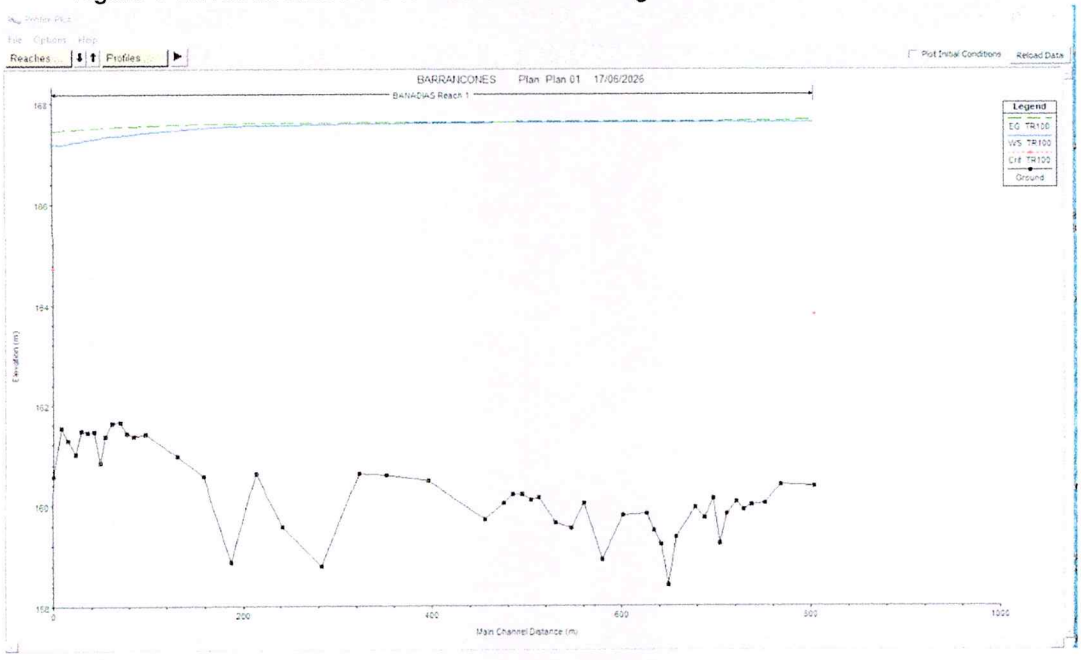


Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-11 se muestra la lámina de agua esperada en perfil longitudinal a lo largo del Río BANADIA en la zona de estudio.

De acuerdo con los análisis, actualmente no se tiene la capacidad suficiente para el paso de la creciente estimada para un periodo de recurrencia de 100 años.

Figura 4-11. Río BANADIA– Perfil de la lámina de agua ENRROCADO - GEOBOLSAS



Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-12 y Figura 4-13 se presentan los parámetros hidráulicos estimados a la altura del meandro con fuerte tendencia a laterización del cauce aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

Figura 4-12. Río BANADIA– Parámetros hidráulicos ENRROCADO - GEOBOLSAS aguas arriba

Plan: 01 BANADIAS Reach 1 RS: 605 Profile: TR100					
E.G. Elev (m)	167.63	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.02	Wt. n-Val.	0.083	0.037	
W.S. Elev (m)	167.62	Reach Len. (m)	21.80	21.80	21.80
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	35.96	2098.63	
E.G. Slope (m/m)	0.000051	Area (m2)	35.96	2098.63	
Q Total (m3/s)	1190.43	Flow (m3/s)	4.71	1185.72	
Top Width (m)	419.53	Top Width (m)	15.40	404.13	
Vel Total (m/s)	0.56	Avg. Vel. (m/s)	0.13	0.56	
Max Chl Dpth (m)	7.83	Hydr. Depth (m)	2.33	5.19	
Conv. Total (m3/s)	167066.6	Conv. (m3/s)	661.6	166405.1	
Length Wtd. (m)	21.80	Wetted Per. (m)	19.06	417.63	
Min Ch El (m)	159.79	Shear (N/m2)	0.94	2.50	
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	0.12	1.41	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	10.04	851.21	36.13
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	4.45	170.41	13.25

Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-13. Río BANADIA– Parámetros hidráulicos ENRROCADO - GEOBOLSAS aguas abajo

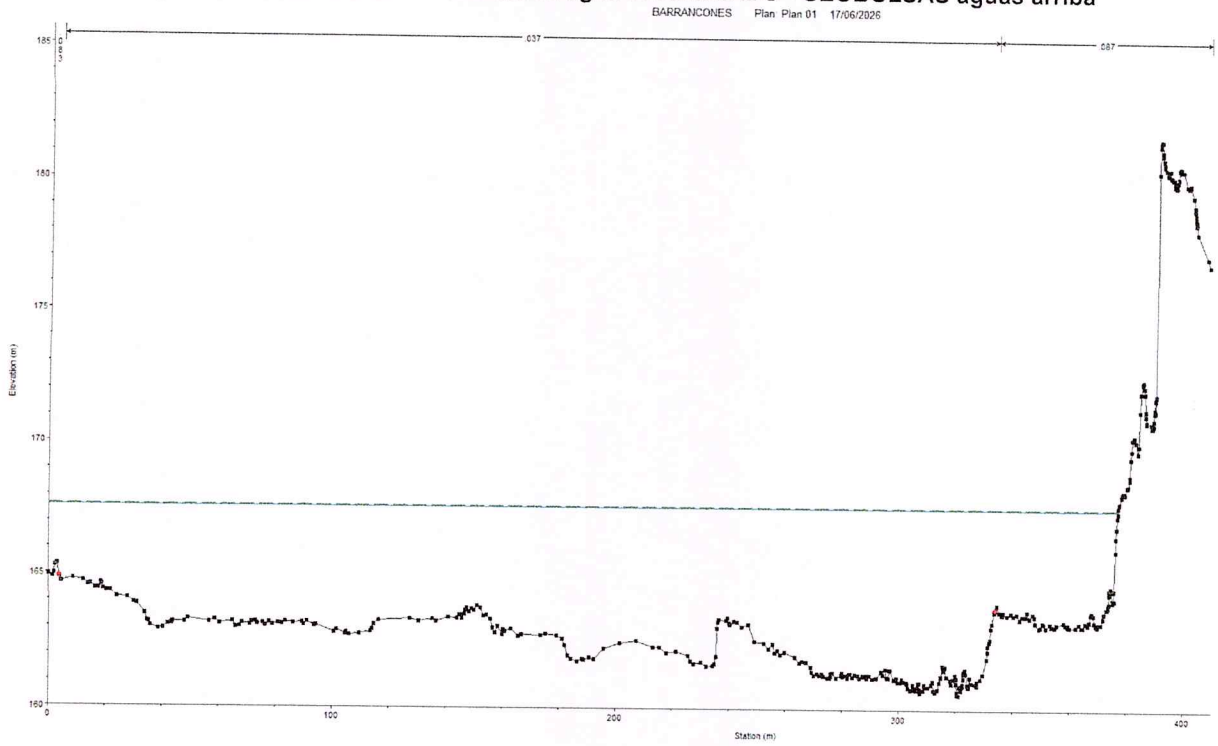
Plan: 01 BANADIAS Reach 1 RS: 190 Profile: TR100					
E.G. Elev (m)	167.59	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.083	0.037	0.087
W.S. Elev (m)	167.53	Reach Len. (m)	15.00	29.20	15.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	16.92	1021.17	166.27
E.G. Slope (m/m)	0.000207	Area (m2)	16.92	1021.17	166.27
Q Total (m3/s)	1190.43	Flow (m3/s)	4.58	1134.68	51.16
Top Width (m)	265.02	Top Width (m)	6.50	205.50	53.02
Vel Total (m/s)	0.99	Avg. Vel. (m/s)	0.27	1.11	0.31
Max Chl Dpth (m)	8.66	Hydr. Depth (m)	2.60	4.97	3.14
Conv. Total (m3/s)	82701.8	Conv. (m3/s)	318.5	78829.0	3554.3
Length Wtd. (m)	28.47	Wetted Per. (m)	8.67	211.55	78.19
Min Ch El (m)	158.87	Shear (N/m2)	3.97	9.81	4.32
Alpha	1.21	Stream Power (N/m s)	1.07	10.90	1.33
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	2.66	129.67	19.62
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.48	27.76	8.63

Fuente: Software Hec-Ras

En la Figura 4-14 y Figura 4-15 se muestra la sección transversal de la cara de aguas arriba de la estructura. Se adjuntan los reportes de la modelación y los archivos magnéticos.

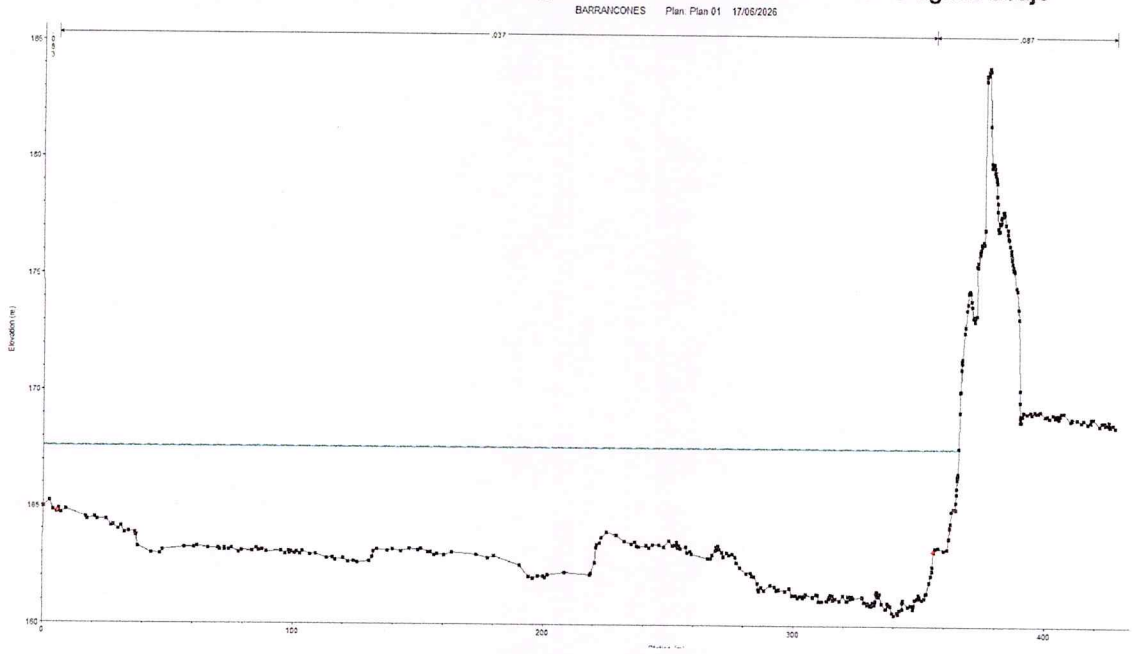
[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Figura 4-14. Río BANADIA– Lámina de agua ENRROCADO - GEOBOLSAS aguas arriba



Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-15. Río BANADIA– Lámina de agua ENRROCADO - GEOBOLSAS aguas abajo



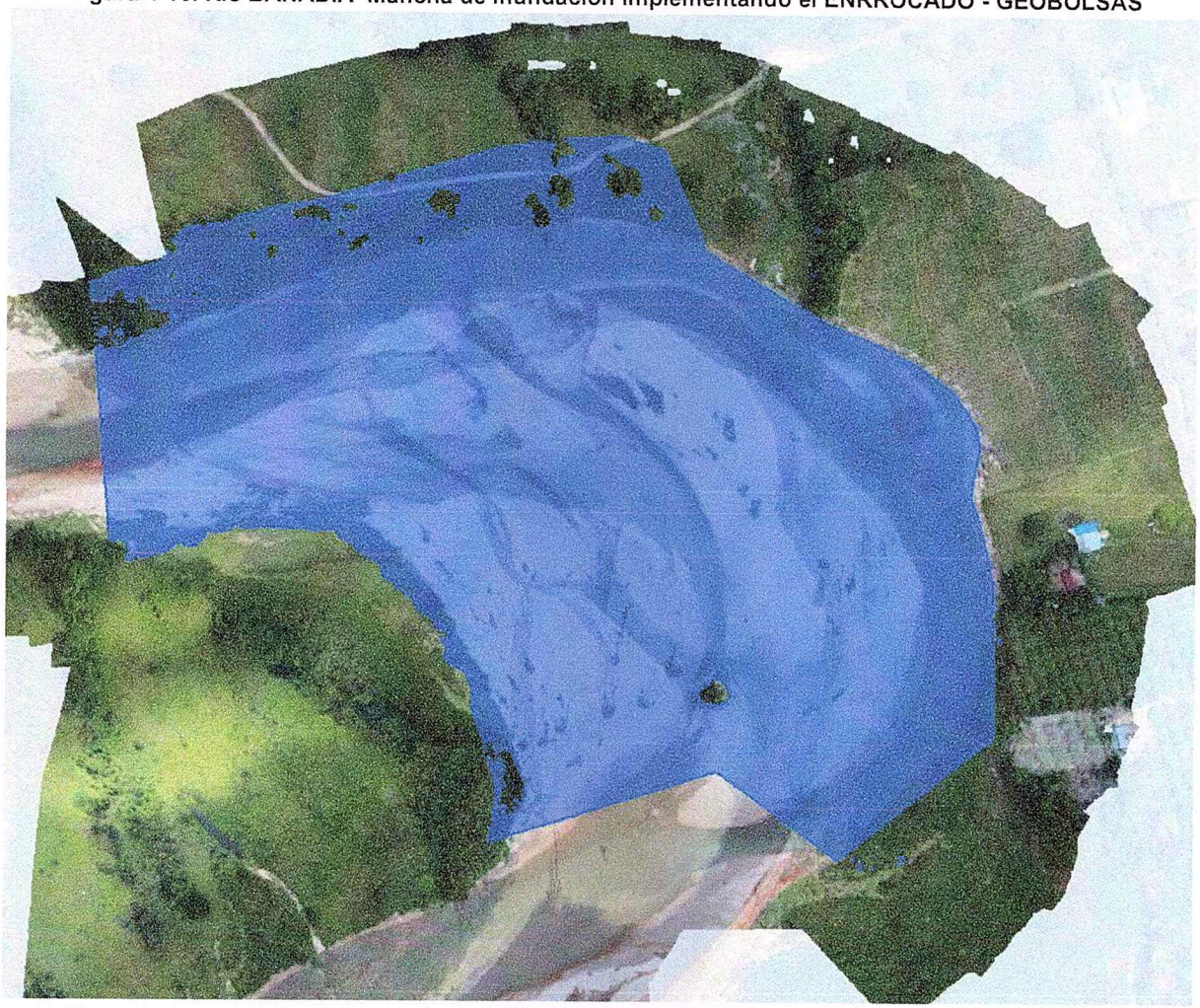
Fuente: Software Hec-Ras

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

En la Figura 4-16 se muestra la mancha de inundación donde se simula el movimiento del agua en la zona correspondiente al Barrancones implementando el ENRROCADO - GEOBOLSAS, en la modelación se evidencia la funcionalidad del ENRROCADO - GEOBOLSAS protegiendo los terrenos adyacentes a la margen derecha .

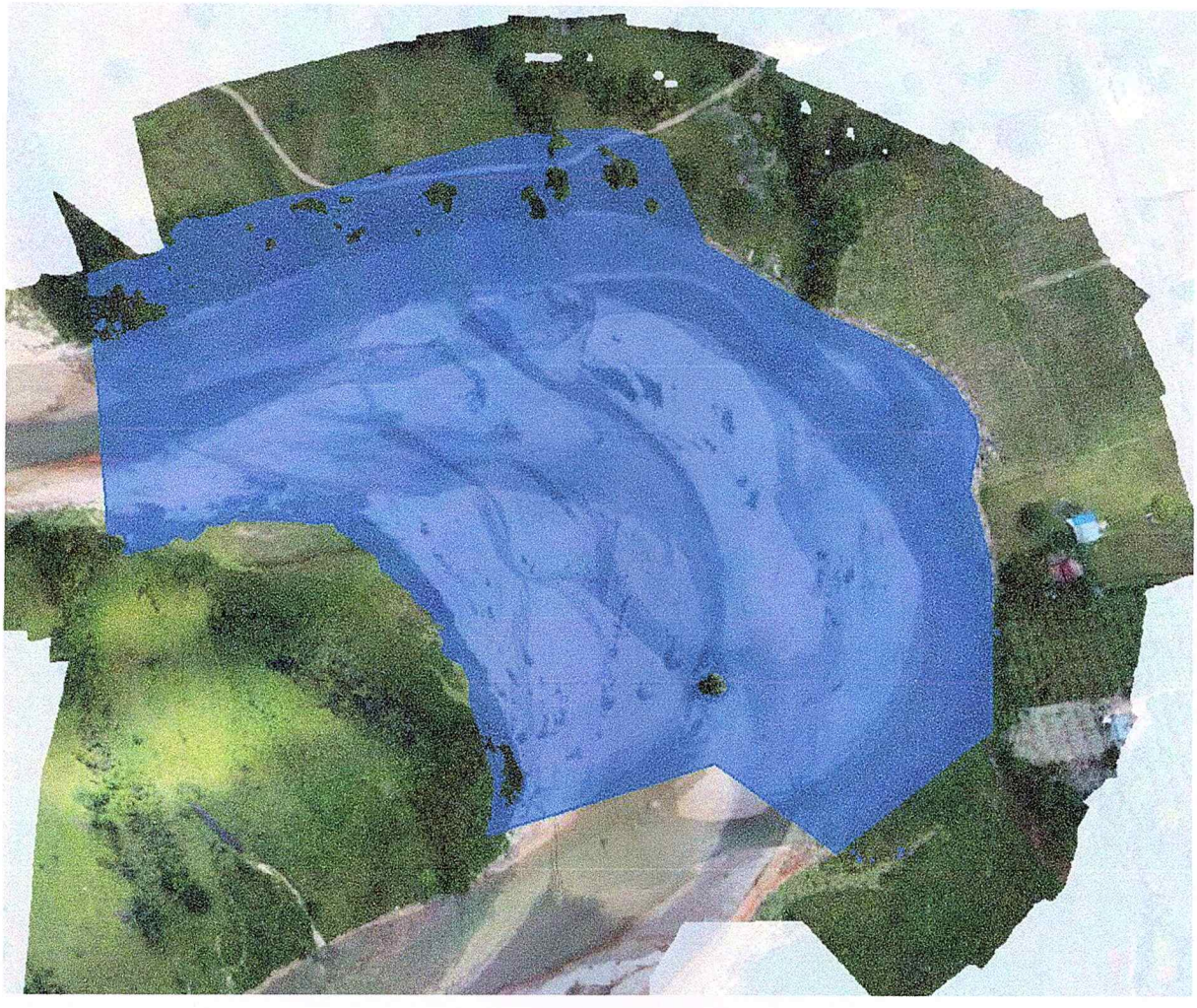
La Figura 4-17 muestra la distribución de velocidades en el cauce, se aprecia la disminución de velocidades en la margen derecha donde se predicen velocidades de hasta 1.5m/s con lo cual se logra controlar la erosión lateral.

Figura 4-16. Río BANADIA–Mancha de inundación implementando el ENRROCADO - GEOBOLSAS



Fuente: Software Hec-Ras

Figura 4-17. Río BANADIA–Velocidades en el cauce



Fuente: Software Hec-Ras

4.8.1. PROTECCIÓN DEL TALUD CON ENRROCADO y GEOBOLSAS

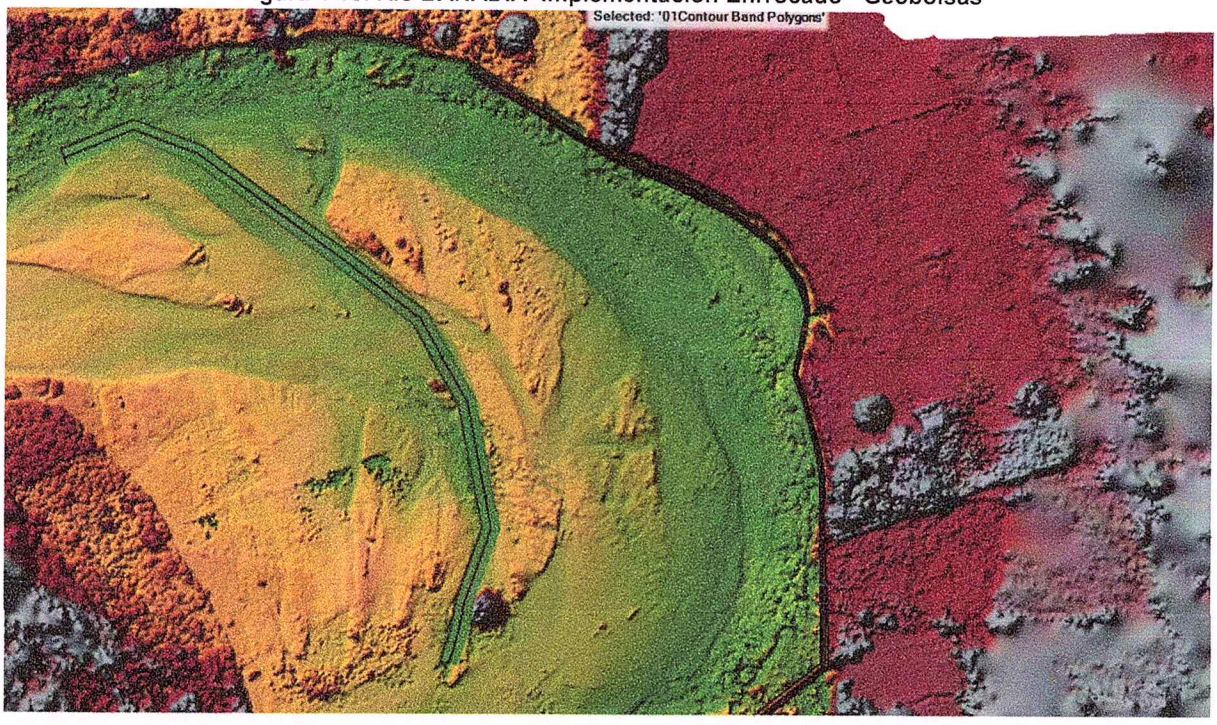
Para el control de la degradación del lecho y el socavamiento lateral en el pie del talud se configuró mediante un esquema compuesto híbrido y flexible que absorbe las deformaciones subsuperficiales sin perder continuidad estructural. Este componente basal se divide en dos estructuras complementarias:

Núcleo de Geobolsas Estructuradas (Cuerpo Basal): Se diseñó un muro de gravedad flexible cimentado bajo la cota de socavación local calculada (1.4m por debajo del lecho). Este se compone de geobolsas (especificación Pavco TR7000HF o similar, fabricadas con geotextil tejido de polipropileno de alta tenacidad, resistencia nominal a la tensión de 140 kN/m). Las bolsas se llenan con material aluvial propio del sitio a un porcentaje de compactación volumétrica operativa de entre el **80% y 85%**, asegurando una geometría aplanada tipo "cojín" que maximiza el área de contacto y la transferencia de esfuerzos por fricción. Su disposición en el sector inferior

y subacuático del talud se ejecuta mediante un aparejo trabado (junta rompeolas desplazada a media longitud de bolsa), evitando la continuidad de juntas verticales.

Enrocado de Protección Frontal (Flexibilidad y Sacrificio): Dispuesto inmediatamente aguas arriba y al frente del sistema de geobolsas, actúa como la primera línea de defensa mecánica contra el impacto directo de detritos y la socavación por corrientes bruscas en tramo curvo (factor de turbulencia K_T = 1.5). Consiste en un prisma de roca o enrocado compactada de diámetro crítico de partícula (d_{50}) balanceado para resistir la velocidad crítica horizontal de diseño (Uc} = 3.0m/s). El enrocado confina el pie de las geobolsas e impide el descalce hidráulico; si ocurre una socavación imprevista, los bloques de roca se reacomodan por gravedad rellenando los vacíos sin comprometer la verticalidad del muro interior.

Figura 4-18. Río BANADIA–Implementación Enrrocado - Geobolsas



Fuente: Propia

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

5. OBRAS DE PROTECCIÓN TALUD - Mantos Permanentes de Control de Erosión (TRM)

Para la superficie expuesta del talud sobre el nivel medio del río (con una altura total de 9 m y suelo arenoso mal graduado tipo SP/SM con Nmedio SPT = 8.75, se implementó un sistema de bioingeniería basado en mantos permanentes de alto desempeño (TRM - *Turf Reinforcement Mats*).

Se seleccionó un manto sintético permanente tridimensional de Pavco (familia TRM 700 / TRM 1000) de matriz homogénea verde, compuesta por fibras 100% de polipropileno estabilizadas contra la radiación UV. Su estructura abierta permite el confinamiento de suelo orgánico, la retención de humedad y la protección contra la escorrentía pluvial directa mientras se establece la revegetación técnica (hidrosembra o pasto Vetiver de enraizamiento profundo).

Debido a la susceptibilidad del suelo al arrancamiento por viento o por flujo descendente, los rollos se despliegan estrictamente en sentido vertical (desde la corona hacia el pie) con traslapos tipo teja (mínimo 0.15 m lateral y 0.30 m transversal). Se fijan mediante grapas de acero corrugado de diámetro 3/8" configuradas en "U" con una longitud extendida de **30 cm** para penetrar la matriz arenosa suelta. La distribución en la cara del talud adopta un patrón denso a tresbolillo de **3.5 grapas/m2** (espaciamiento horizontal de 0.50 m y vertical de 0.60 m), incrementándose cada 0.25 m en los bordes perimetrales.

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

6. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

El modelo de análisis objeto del presente estudio hace referencia a las obras de mitigación y protección en puntos críticos, realizadas sobre la margen derecha del río Banadia partiendo de un modelo de simulación hidráulica, que permita evaluar la socavación general de la sección del cauce ante un evento de crecientes de acuerdo al periodo de retorno establecido como objetivo del presente estudio.

6.1. Socavación general

El incremento de caudal y por consiguiente la energía del flujo ante eventos de creciente, tiende a ocasionar la variación de la geometría, por medio de la modificación en profundidad en las diferentes direcciones del cauce para habilitar el área hidráulica que habilite al cauce para conducir esos máximos volúmenes.

La socavación se presenta debido al aumento de la capacidad de arrastre del material solido por parte de la corriente, a consecuencia de un aumento de velocidad. En el caso de la zona de estudio, debido a las condiciones de material granular predominante, la velocidad de arrastre es aquella que mantiene un movimiento generalizado de las partículas, haciendo uso de la granulometría de la zona mediante la determinación del diámetro medio de las partículas, con lo cual se tiene:

$$V_c = 6.19 Y_0^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

Donde:

V_c	:	Velocidad critica de arrastre de partículas [m/s]
Y_0	:	Profundidad de flujo [m]
d_{50}	:	Diámetro de la partícula de lecho de la muestra [m]

- **Tamaño de partícula para la evaluación de procesos de socavación**

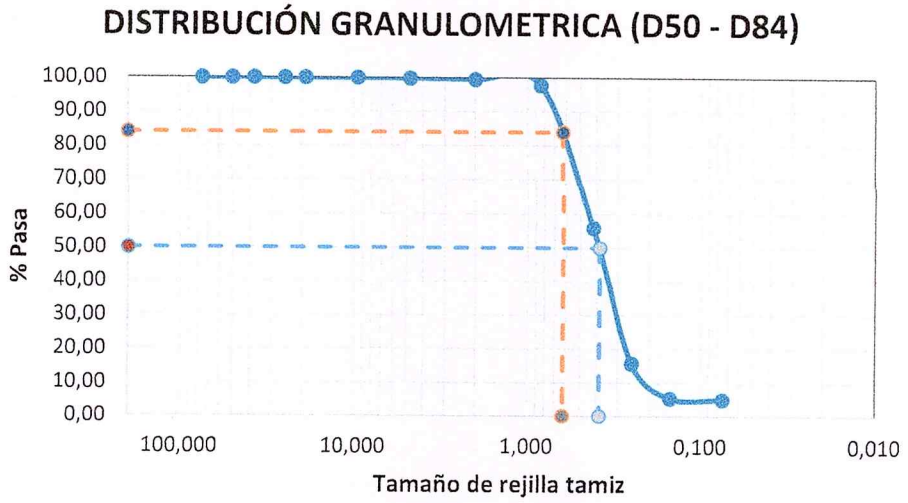
Teniendo en cuenta la geología regional, se realiza la evaluación de muestras recolectadas en la zona de influencia, con el fin de brindar conocimiento más específico en cuanto a la distribución de tamaños de partícula presentes en la misma, encontrando predominancia de materiales no cohesivos en la zona (granulares), lo cual permite establecer la metodología de evaluación de socavación, así como los valores base para la realización de dichos cálculos.

En el caso de este estudio, se requiere de la distribución granulométrica de acuerdo al tamaño porcentaje de material que pasa cada uno de los tamices para la gradación, la cual es presentada en la Tabla 6.1, en donde se evidencian los detalles de la muestra empleada, permitiendo así la elaboración de la Gráfica 6.1 que permite establecer los valores de material que pasa determinado tamiz, en este caso siendo el 84% y 50% del material los requeridos para la comparación y uso en cálculos específicos.

Tabla 6.1 Distribución granulométrica promedio de la zona de evaluación

TAMIZ		% PASA TOTAL	APIQUE 3 - M1	APIQUE 3 - M2	APIQUE 4 - M1	APIQUE 4 - M2	% PASA PROMEDIO
Abertura pulg	Abertura mm.		% PASA TOTAL	% PASA TOTAL	% PASA TOTAL	% PASA TOTAL	
3"	75.000	67.40	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
2"	50.000	42.10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
1 1/2"	37.500	35.80	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
1"	25.000	27.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
3/4"	19.000	22.80	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
3/8"	9.500	18.10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
# 4	4.750	15.80	99.70	100.00	99.80	100.00	99.875
# 10	2.000	14.50	99.40	100.00	98.80	100.00	99.550
# 20	0.842	12.60	97.50	99.80	94.10	99.80	97.800
# 40	0.420	10.00	31.60	54.10	41.60	96.30	55.900
# 60	0.250	7.80	10.70	13.80	15.10	23.30	15.725
# 100	0.150	4.70	4.60	5.80	5.70	5.60	5.425
# 200	0.075	3.80	4.30	5.60	5.10	5.10	5.025
PASA # 200 POR TAMIZADO		0	0	0	0	0	0.000
PASA # 200 TOTAL		0	0	0	0	0	0.000
TOTAL		0	0	0	0	0	0.000

Fuente: Elaboración Propia.



Gráfica 6.1 Distribución granulometría, determina D_{50} y D_{84}

Fuente: Elaboración Propia.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

6.2. Método de Maza Cruickshank

El método de **Maza-Cruickshank** evalúa la socavación máxima esperada en la curva exterior de un meandro dinámico bajo condiciones hidrodinámicas extremas. De acuerdo con los análisis técnicos de la sección:

- **Tirante medio de aproximación (y):** 7.0 m
- **Tirante máximo erosionado en la curva (ys):** 8.40 m

A partir de estos niveles, la **Profundidad Neta de Socavación (ds)** por debajo del lecho original del río se calcula mediante la diferencia de tirantes:

$$d_s = y_s - y$$

$$d_s = 8.40 \text{ m} - 7.0 \text{ m} = \mathbf{1.40} \text{ m}$$

En este orden de ideas el fondo original del lecho del río sufrirá un descenso vertical de **1.40 m** debido a los esfuerzos cortantes del flujo helicoidal en el meandro. Por lo tanto, la uña de empotramiento basal del enrocado debe profundizarse como mínimo hasta esta cota para evitar que el flujo desestabilice el pie de la estructura

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

7. CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

- El tramo del río Banadías en el sector Barrancones presenta una amenaza severa de tipo hidrodinámico debido a la consolidación de un meandro activo sobre Depósitos Aluviales Recientes, caracterizados por un perfil estratigráfico granular de arena mal gradada (SP) de compacidad suelta (Nmedio} = 8.75.

- El alto potencial de licuación cíclica detectado bajo la condición de saturación por nivel freático alto convalida técnicamente la selección de obras flexibles de gravedad (muro escalonado de geobolsas y enrocado suelto), descartando estructuras rígidas de concreto susceptibles a la fractura por asentamientos diferenciales.

- El descenso vertical calculado por socavación local de 1.40m impone que la cimentación de la uña del enrocado se desplace por debajo de esta cota de equilibrio para evitar fallos por descalce dinámico.

- Ejecutar de forma prioritaria el sistema integrado de control compuesto por una base flexible contra la socavación (geobolsas y enrocado), un cuerpo protegido contra la meteorización y erosión pluvial (mantos TRM con revegetación) y una corona con drenaje controlado (cuneta de coronación).

- Tramitar el Permiso de Ocupación de Cauce ante Corporinoquia previo al inicio de las obras civiles y de excavación de la fosa de cimentación, acatando los lineamientos de la Resolución 0330 de 2017.

- Implementar de forma inmediata el Sistema de Alerta Temprana (SAT) con sensores telemétricos en la cuenca alta hídrica para mitigar el riesgo de pérdida de maquinaria y personal operario ante crecientes súbitas destructivas.



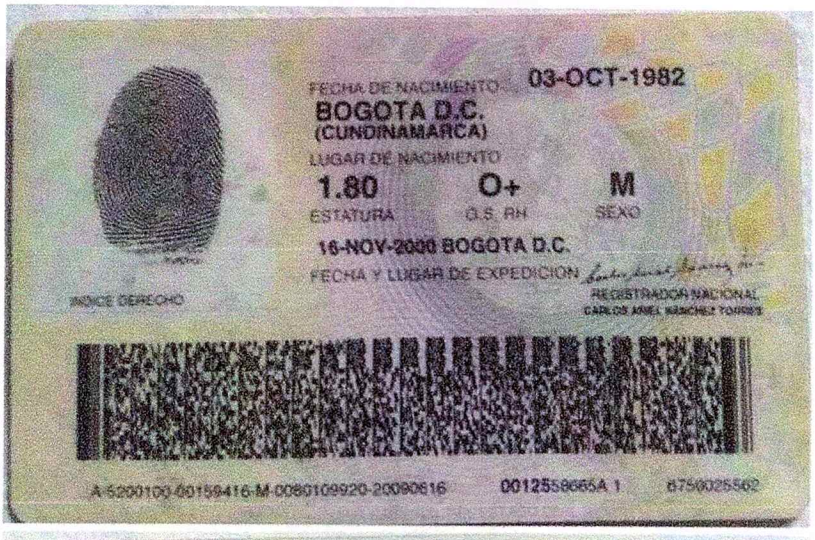
JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
INGENIERO CIVIL
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista En Hidráulica y Ambiental

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Handbook for Engineers and Planners- By Nicklow/Boulos/Muleta 1ST edit. 2006.
- Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia. Vargas, R. - Diaz G., Universidad de los Andes, Bogotá, D.C., 1998.
- Design of Small Dams. United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. D.C. 1967.
- Design Method for local scour at Bridge Piers. B.W. Melville and A.J Sutherland Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E. October 1988
- Distribuciones Probabilísticas Comunes utilizadas en los recursos hidráulicos. Por Roger Amisial. CIDIAT. Mérida Venezuela 1976.
- Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente canal de pantallas deflectoras (CPD) y canal de rápidas con tapa y columpio (CRTC). Mejía Fernández F., Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, s/f. Disponible en: http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/descargas/ponencias/Manual_estructuras_vertimiento.pdf.
- Gumbel Distribution: Dennis Lettenmaier ASCE Abril-82 Journal of Hydraulics
- Hidráulica de Canales. Julián Aguirre Pe. 1978. CIDIAT. ULA.
- Hidráulica de Canales Abiertos. Chow, V. Mc. Graw Hill, Bogotá, D.C., 1994.
- Hidrología para Ingenieros. Linsley, Kohler y Paulus. 2a. Edición. 1977
- Hidráulica de Sedimentos. Julián Aguirre Pe. Universidad de los Andes. Mérida. CIDIAT 1977.
- Hydraulic design of stepped cascades, channels, weirs an spillways. Chanson H. Elsevier Science Ltd, England, 1994.
- Hydraulics of High-Gradient Streams, by Robert D. Jarret, November of 1984. Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E.
- Hidrología Aplicada. Chow, V. – Maidment, D. - Mays, L. Mc. Graw Hill, Bogotá, D.C., 1994.
- Hidrología Aplicada. Ramírez, Maritza. Universidad de Los Andes. Venezuela. 2003.
- Hidrología para Ingenieros. Linsley, Kohler y Paulus. 2a. Edición. 1977
- Hidrología Subterránea: Barcelona. Custodio & Llamas. 1984.
- Highway Hydrology. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Hydraulic Design Series No. 2, Second Edition. Publication No. FHWA-NHI-02-001.October 2002.
- Highway Subdrainage design. Moulton Lyle K., US Department of Transportation – Federal Highway Administration, Publication No. FHWA–TS-80-224, Agosto 1980. Disponible en: https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pubs/009633.pdf.
- Ingeniería Hidrológica. Nanía, L. – Gómez, M., Ed. 2. Grupo Editorial Universitario. España, 2006.
- Introducción a la Hidráulica de Canales. Duarte, C. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., 2016.
- Local Scour at Bridge abutments B.W. Melville. Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E. April 1992.
- Manual de Conservación de suelos y aguas. Benítez, C., Arias, W. Quiroz, J. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Dirección General de aguas y suelos. Lima, Perú. 20 p. 1980.
- Manual de Drenaje para Carreteras. Ministerio de Desarrollo República de Colombia, Instituto Nacional de Vías. , Bogotá, D.C., 2009. Disponible en: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras.

- Manual de Diseño con Geosintéticos, Geosistemas Pavco. Departamento de Ingeniería - Geosistemas. Edición 9, junio 2012. Disponible en: http://www.geosoftpavco.com/manualvirtual/document.pdf
- Método de Laursen y Toch para la socavación local en estribos. Por Isabel Flores. Cidiat Mérida Venezuela. 1979.
- Open Channel Flow. Henderson, F. M., Macmillan Publishing Co., Inc, New York, 1966.
- Peak Discharge for Small Watersheds. Calibration Procedures for Rational and USCS Design Flood Methods Journal of Hydraulic Engineering. American Society of Civil Engineers. Hotchkiss and Mc.Callum. Enero de 1995.
- Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Breñan Puyol, A. – Jacobo Villa, M., Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, 2006.
- Probabilistic Bridge Scour Estimates, Peggy A Johnson. Julio-98. Journal of Hydraulics. ASCE.
- Relation between Mean an Maximun velocities in a natural River. Renjie Xia. December-98. Journal of Hydraulics. ASCE
- River Morphology and Thresholds, por Howard Chang. Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E. Marzo de 1985.
- Scour protection at Bridge piers. Yee-Meng-Chiew. Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E. September 1992
- Sediment Transport Technology. Daryl B. Simons and Fuat Sentürk. Water Resources Publications. Fort Collins Colorado.1977.
- Sediment Transport, Part I, II, III. Diferentes "papers" publicados entre 1983 y 1985 por Leo Van Rijn. Journal of Hydraulic Engineering. A.S.C.E.
- Socavación en Puentes. Guevara, M. Universidad del Cauca. Popayán. 2016.
- Synthetic Unit Hydrographs. F.F. Snyder .Trans. American Geophisics Union.Vol 19. 1938
- Water Supply and Sewerage. Mc Gee. 6th Ed. 1991. Mc Graw Hill.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA





[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7528

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

EN ATENCIÓN A QUE

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80'109.920 de Bogotá, D.C.

HA CURSADO TODOS LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA UNIVERSIDAD Y LAS DISPOSICIONES LEGALES PARA OPTAR EL GRADO UNIVERSITARIO EN LA FACULTAD DE

Ingeniería Civil

LE OTORGA
EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
Y POR AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

EL TÍTULO DE **Ingeniero Civil**

EN FE DE LO CUAL FIRMAMOS Y SELLAMOS ESTE DIPLOMA EN
BOGOTÁ, D.C. A LOS 20 DÍAS DEL MES DE abril AÑO DE 2007

26 ABR. 2007



[EMAIL] ingenieroba

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

REPUBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4634571

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 80109920, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-143899 desde el 21 de Junio de 2007, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 341.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintinueve (29) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragan Mendoza
C.C. 80.109.920 de Bogotá D.C.

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Vías y Transporte

En la ciudad de Manizales, a los 25 días del mes de octubre de 2021

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro No 2524, Folio 69 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Sede Manizales

64917

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7625



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80.109.920 de Bogotá

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental

En la ciudad de Manizales, a los 14 días del mes de septiembre de 2018

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro n.° 1706. Folio 14 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura

54145



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80.109.920 de Bogotá D.C.

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Estructuras

En la ciudad de Manizales, a los 5 días del mes de diciembre de 2019

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro No 1950. Folio 30 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Sede Manizales

58105

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, identificado con cédula de ciudadanía No 80.109.920, de profesión Ingeniero Civil con T.P. N° 25202-143899 con más de DIEZ (10) años de experiencia de ejercicio profesional, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad del informe de Diagnóstico para el proyecto "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**",

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exonero al municipio de Saravena ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Se da cumplimiento a la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio. Así mismo el presente documento no podrá ser modificado, sin la autorización del profesional responsable, una vez el proyecto sea viabilizado por la entidad competente.
Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los (25) días del mes de junio de 2026.
Cordialmente,

Cordialmente,

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
Ingeniero Civil
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista en ingeniería hidráulica y ambiental

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

DONACIÓN

Saravena - Arauca junio de 2026

Señores:
ALCALDIA DE SARAVENA

REF: DONACIÓN DEL INFORME DE DIAGNÓSTICO, PARA EL PROYECTO " CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, Ingeniero Civil Especialista en estructuras, identificado con cedula de ciudadanía No. 80.109.920 de Bogotá D.C y matricula profesional No. 25202-143899 CND expedida por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería, actuando en nombre propio me permito comunicar que, como acto libre y voluntario, es mi propósito hacer entrega a título gratuito e irrevocable el INFORME DE DIAGNOSTICO, documentos soporte y derechos de autor que integran la formulación integral del proyecto denominado "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**"

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la alcaldia Municipal de Saravena. La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Atentamente,

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
Ingeniero Civil
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista en ingeniería hidráulica y ambiental

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628